

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

"На правах рукопису"

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В. Коваль  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності - 122 Комп'ютерні науки

за спеціалізацією - Комп'ютерний моніторинг та геометричне моделювання процесів і систем

на тему\_ “Система покращення та аналізу затемнених зображень”

Виконав: студент \_\_6\_\_ курсу, групи \_\_ТМ81мп\_\_

Пармон Ігор Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н. Шалденко О.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент к.т.н. Баранюк О. В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ - 2019

**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти другий, магістерський

зі спеціальності - 122 Комп'ютерні науки

за спеціалізацією - Комп'ютерний моніторинг та геометричне моделювання процесів і систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

кафедри

Завідувач

Коваль О.В.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

2019р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Пармону Ігорю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система покращення та аналізу затемнених зображень

Науковий керівник Шалденко Олексій Вікторович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ 04 ” листопада 2019 року  
№ 3812-с

2. Строк подання студентом дисертації 9 12 2019

3. Об'єкт дослідження Методи покращення та аналізу затемнених зображень.

4. Предмет дослідження Система покращення та аналізу затемнених зображень

5. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз існуючих методів покращення та аналізу затемнених зображень.
2. Аналіз технологій для роботи із затемненими зображеннями.
3. Розробка інструментальних засобів для побудови системи покращення та аналізу затемнених зображень на базі проведених вище аналізів

4. Розробка стартап-проекту
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстрованого) матеріалу презентація на тему “Система покращення та аналізу затемнених зображень”
7. Орієнтований перелік публікацій
  1. Пармон І. Система покращення та аналізу затемнених зображень // XVII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (м. Київ, 23-26 квітня 2019 р.)
8. Дата видачі завдання «10» вересня 2018 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	10.09	
2	Огляд існуючих рішень	11.09 – 31.03	
3	Огляд існуючих технологій	1.04 – 24.08	
4	Розробка власного програмного забезпечення	25.08 – 13.10	
5	Тестування	14.10 – 25.10	
6	Оформлення дипломної роботи	26.10 – 9.12	
7	Отримання допуску до захисту та подача роботи в ДЕК	10.12	

Студент

Науковий керівник

\_\_\_\_\_  
( підпис )

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Пармон І. О.  
(прізвище та ініціали)

Шалденко О.В.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ

виконана на тему “Інструментальні засоби моделювання сценаріїв аналітики  
великих даних”

**Структура та обсяг дипломної роботи.** Магістерська дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку посилань з 50 найменувань, 1 додаток, і містить 33 рисунки, 23 таблиць. Повний обсяг магістерської дисертації складає 98 сторінок.

**Актуальність теми.** Стрімкий розвиток інформаційних технологій та комп'ютеризація усіх аспектів діяльності людини в сучасному суспільстві призводить до надмірного росту генерації нових даних. Зі збільшенням об'єму інформації постає питання про необхідність пошуку нових способів та методів зберігання, репрезентації, систематизації, формалізації тощо.

Тому все більше компаній з усього світу починають цікавитися програмним забезпеченням, яке б надало змогу використовувати переваги нових технологій роботи із великими даними у простій та зрозумілій формі.

**Мета дослідження** полягає в розробці інструментальних засобів моделювання сценаріїв аналітики великих даних.

Для досягнення поставленої задачі були сформульовані наступні **завдання дослідження**, що визначили логіку дослідження та його структуру:

- проаналізувати існуючі інструментальні засоби моделювання сценаріїв аналітики великих даних;
- проаналізувати існуючі технології для роботи великих даних;
- створити власні інструментальні засоби моделювання сценаріїв аналітики великих даних з урахуванням недоліків існуючих систем.



**Об’єктом дослідження** є аналіз способів і засобів обробки великих даних у прикладних системах.

**Предметом дослідження** є інструментальні засоби формування сценаріїв аналітики великих даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Найбільш суттєвими науковими результатом полягає в тому, що була створена система, яка надає необхідний інструментарій для аналізу великих даних у графічній формі із гнучкими налаштуваннями методів та алгоритмів із повністю відкритим вихідним кодом.

**Практичне значення одержаних результатів.** Сформульовані основні концепції, на які потрібно звернути увагу при проектуванні інструментальних засобів сценарії аналітики великих даних, описані основні методи та підходи, які були використані.

**Публікації.** Кондрашов К. Інструментальні засоби побудови сценаріїв аналітики великих даних в інформаційно-аналітичних системах // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу : Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 22–23 листопада 2019 р.)

**Ключові слова.** *Інструментальні засоби моделювання сценаріїв, сценарій, великі дані, інтелектуальний аналіз даних.*

# ABSTRACT

## ON MASTER'S THESIS

on topic "Big Data analytic scenarios modelling tools"

**Topicality** The master's thesis consists of an introduction, four sections, a conclusion, a list of links of 50 titles, 1 appendix, and contains 33 figures, 23 tables. The full volume of the master's thesis is 98 pages.

**Purpose.** The rapid development of information technology and the computerization of all aspects of human activity in today's society leads to the excessive growth of data generation. With the increasing volume of information, the question arises of the need to find new ways and methods of storage, representation, systematization, formalization and more.

That's why more and more companies around the world are beginning to become interested in software that can take advantage of new big data technologies in a simple and understandable way.

**The purpose** of the study is to develop tools for modelling an analytic scenario of Big Data

To achieve this task, the following **research objectives** were formulated:

- analyse existing tools for modelling big data analytics scenarios;
- analyse existing technologies for big data;
- create my own big data analytics scripting tools, taking into account the weaknesses of existing systems.

**The object of research** is to analyze the ways and means of processing big data.

**The subject of research** is tools for modelling Big Data analytics scenarios.

**Scientific novelty.** The most significant scientific result is that a system has been created that provides the necessary tools to analyse big data graphically with flexible, open source methods and algorithms.

**The practical value of research.** The main concepts that should be considered when designing Big Data Analytics tools are outlined, the main methods and approaches that have been used are described.

**Publications.** Kondrashov K. Instrumental tools for building big data analytics scenarios in information-analytical systems // Integration of world scientific processes as the basis of social progress: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference (Kyiv, November 22-23, 2019)

**Key words.** *Big Data analytic scenarios modelling scenario, big data, data mining.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПОКРАЩЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЗАТЕМНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	12
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ЗАТЕМНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	14
2.1 Алгоритми роботи з RAW – зображеннями	17
2.1.1 Learn to see in the dark	18
2.1.2 HDRnet	21
2.1.3 Hdr+	23
2.2 Алгоритми роботи з цифровими зображеннями	24
2.2.1 Непарне навчання покращенню зображень за допомогою генеративних нейронних мереж	24
2.2.2 Покращення зображень з використанням глибоких згорткових нейронних мереж	27
2.3 Висновки до розділу	29
3 ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПОКРАЩЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЗАТЕМНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	31
3.1 Вибір архітектури системи	31
3.2 Опис архітектури прикладного програмного інтерфейсу	33
3.3 Опис архітектури клієнт-сервер	34
3.4 Опис архітектури бази даних	35
3.5 Опис інструментів розробки	35
3.6 Перелік використаних методів покращення та аналізу затемнених зображень	38
3.6.1 Корекція гамми	38
3.6.2 Еквалізація гістограми	39
3.6.3 Динамічна еквалізація гістограми	41
3.6.4 Еквалізація гістограми з лімітом контрасту	43
3.6.5 Фреймворк злиття експозиції	44
3.6.6 RetinexNet	45
3.6.7 Порівняльний аналіз алгоритмів	47
3.7 Висновки до розділу	48

4 ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ	49
4.1 Опис функціональності системи	49
4.2 Опис програмної реалізації клієнт-серверної частини системи	51
4.3 Концептуальна модель бази даних	53
4.4 Опис програмної реалізації прикладного програмного інтерфейсу системи	54
4.5 Тестування продукту	56
4.6 Висновки до розділу	57
5 МЕТОДИКА РОБОТИ КОРИСТУВАЧА З СИСТЕМОЮ	58
5.1 Інсталяція та системні вимоги	58
5.2 Інструкція з використання програмного продукту	59
5.3 Висновки до розділу	65
6 СТАРТАП ПРОЕКТ	66
6.1 Основні ідеї проекту	66
6.2 Технологічний аудит ідеї проекту	68
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	69
6.4 Розроблення ринкової стратегії продукту	76
6.5 Розроблення маркетингової програми проекту	80
6.6 Висновки до розділу	84
ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87
ДОДАТОК 1	90

## ВСТУП

У наш час більша частина існуючої інформації зберігається у вигляді фото чи відео зображення. Використання інструментів комп'ютерного зору та штучного інтелекту для аналізу медіа файлів дає неймовірну можливість розвитку технологій віртуальної реальності, розпізнавання образів чи відеоспостереження.

Так як якість результатів аналізу здебільшого залежить від якості вхідного зображення, дослідникам часто доводиться застосовувати до нього ряд перетворень, що направлені на покращення його якості. Одним із таких методів перетворення є покращення затемнених зображень. Використання зображень створених в умовах недостатньої освітленості може негативно вплинути на процес отримання корисної інформації про вміст зображення, а як наслідок може призвести до помилок системи комп'ютерного зору, тому є актуальною задача створення системи покращення та аналізу затемнених зображень.

Для виконання даної задачі необхідно було провести порівняльний аналіз існуючих алгоритмів та методів покращення затемнених зображень, провести порівняльний аналіз аналогічних програмних продуктів, побудувати архітектуру системи та розробити систему покращення та аналізу затемнених зображень.

У результаті роботи було розроблено модульну систему, яка складається із трьох частин: веб-додаток для роботи користувача з системою, база даних та прикладний програмний інтерфейс, що реалізує алгоритми покращення затемнених зображень і може бути використаний окремо. Для створення візуального інтерфейсу веб-додатку було обрано технології HTML, CSS, JavaScript та PHP. У якості бази даних було використано MySQL, а для створення прикладного програмного інтерфейсу було використано фреймворк Flask та мову програмування Python.

У функціонал веб-додатку входить можливість авторизації користувача та покращення існуючого фото, відео чи відео у реальному часі, створеного при умовах недостатньої освітленості, з можливістю вибора та налаштування 1 з 6 алгоритмів покращення зображення. Крім того, було реалізовано функціонал галереї, що надає користувачу можливість переглянути історію своєї взаємодії з системою та видалити або зкачати покращені медіа файли.

Таким чином створена система може бути використана окремим користувачем як веб-додаток для покращення фото, відео в реальному часі чи відео зображення створеного в умовах обмеженої освітленості.

# **1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПОКРАЩЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЗАТЕМНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Метою роботи є побудова системи покращення та аналізу затемнених зображень.

В ході роботи було визначено наступні задачі:

- створення системи покращення та аналізу затемнених зображень для надання користувачу можливості покращення існуючого фото чи відео контенту створеного при умовах недостатньої освітленості.

Для вирішення цієї задачі було застосовано принцип декомпозиції і визначені наступні підзадачі:

- провести порівняльний аналіз існуючих алгоритмів та методів покращення затемнених зображень;
- побудова архітектури системи;
- визначити інструменти програмної реалізації системи;
- створення функціоналу покращення зображення;
- створення функціоналу покращення відео;
- створення функціоналу покращення відео у реальному часі;
- створити веб-додаток для надання користувачу можливості простого використання системи.

Вихідними даними системи є покращене зображення, відео або відео у реальному часі.

Вимоги до розробленого програмного засобу:

- система має складатися з трьох частин: веб-додаток для роботи користувача з системою, бази даних та прикладного програмного інтерфейсу;



- прикладний програмний інтерфейс може бути використаний як окремий модуль для взаємодії з іншими системами;
- користувач має мати можливість авторизуватися;
- користувач має можливість вибрати та налаштувати алгоритм покращення зображення;
- користувач має можливість завантажити з комп'ютера медіа файл для покращення або використати свою веб-камеру для покращення зображення у реальному часі;
- користувач має можливість переглянути історію своєї взаємодії з системою та видалити або зкачати покращені медіа файли.

## **2 ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ЗАТЕМНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Перед тим як перейти до розгляду існуючих засобів та систем покращення зображень потрібно отримати чітке розуміння того, що насправді являє собою зображення та як саме воно утворюється.

Цифрове зображення утворюється за допомогою променів світла, що проходять крізь оптичну систему з центрованих сферичних поверхонь, які мають загальну оптичну вісь, та падають на світлочутливу поверхню, яка, як правило, являє собою електронний датчик зображення, такий як CCD або чіп CMOS. Одним з найпопулярніших датчиків зображення є датчик фільтра Байєра, що використовує кольоровий фільтр, який пропускає червоне, зелене та синє світло до вибраних піксельних датчиків. Шаблон Байєра зображено на рисунку 2.1. Кожен окремий сенсорний елемент стає чутливим до червоного, зеленого або синього кольору за допомогою кольорового гелю, виготовленого з хімічних барвників, нанесених на елементи. Найпоширеніший шаблон фільтра – 50% зелений, 25% червоний і 25% синій, що в свою чергу призводить до похибки відтворення червоного і синього кольорів.

У результаті цього процесу утворюється так називається RAW (raw – сирий) формат даних, що містить необроблені дані та у яких міститься повна інформація про збережений сигнал. Проте для того щоб перетворити цей набір сигналів у звичайне для нас цифрове зображення потрібно виконати ще декілька ітерацій обробки [7].

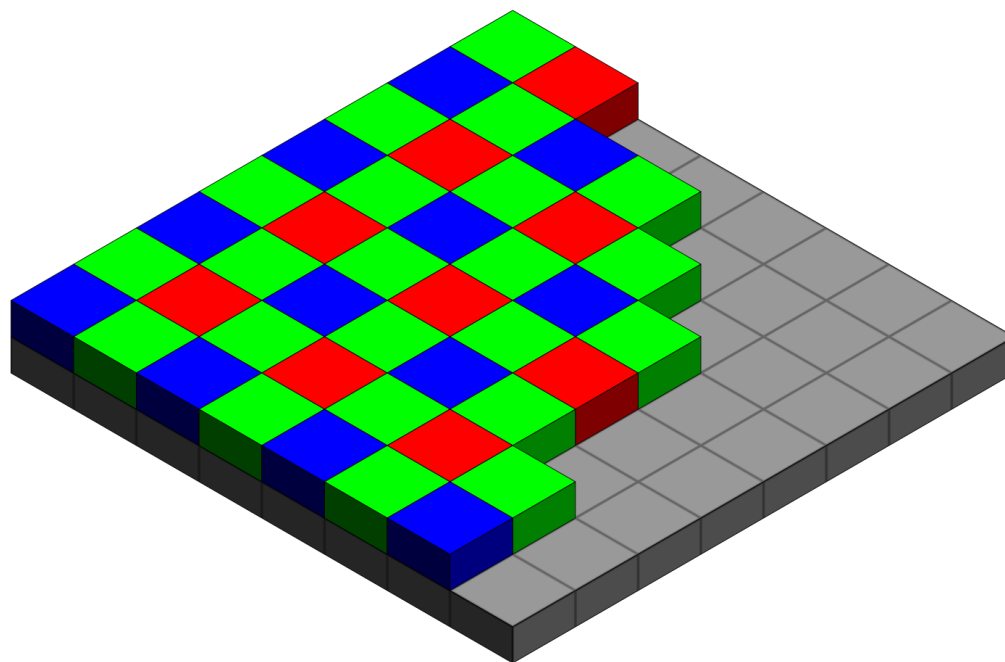


Рисунок 2.1 – Шаблон Байєра на датчику

Наступним кроком є демозаїкізація або реконструкція кольору – алгоритм, який використовується для реконструкції повнокольорового зображення з неповних кольорових зразків, виведених із датчика зображення, накладеного масивом кольорового фільтра. У якості демозаїкізація зазвичай використовуються алгоритми багатовимірної інтерполяції на рівномірній сітці. Найпростішим методом є інтерполяція найближчого сусіда, яка просто копіює сусідній піксель того ж кольорового каналу. Вона непридатна для будь-якої програми, де важлива якість, але може бути використана для створення попереднього перегляду з обмеженими обчислювальними ресурсами. Іншим простим методом є білінійна інтерполяція, при якій червоне значення не червоного пікселя обчислюється як середнє значення двох-чотирьох сусідніх червоних пікселів і аналогічно для синього та зеленого. Більш складні методи, які інтерполують незалежно у кожній колірній площині, включають бікубічну інтерполяцію, сплайсову інтерполяцію та реконструкцію Ланцоса.

Поширена похибка інтерполяції кольорових фільтрів – це помилкове забарвлення. Зазвичай цей артефакт проявляється по краях, де різкі або неприродні зрушення кольору утворюються внаслідок неправильної інтерполяції поперек, а не вздовж краю. Існують різні алгоритми, які дозволяють видалити помилкові кольори після демозаїкізації, які у своїй сукупності мають назву: алгоритми регулювання кольору. Важливою метою цього регулювання є правильне відображення конкретних кольорів – особливо нейтральних кольорів. Отже, загальний метод іноді називають балансом сірого, нейтрального або балансом білого. Алгоритми балансу кольору змінюють загальну суміш кольорів у зображенні та використовуються для корекції кольорів.

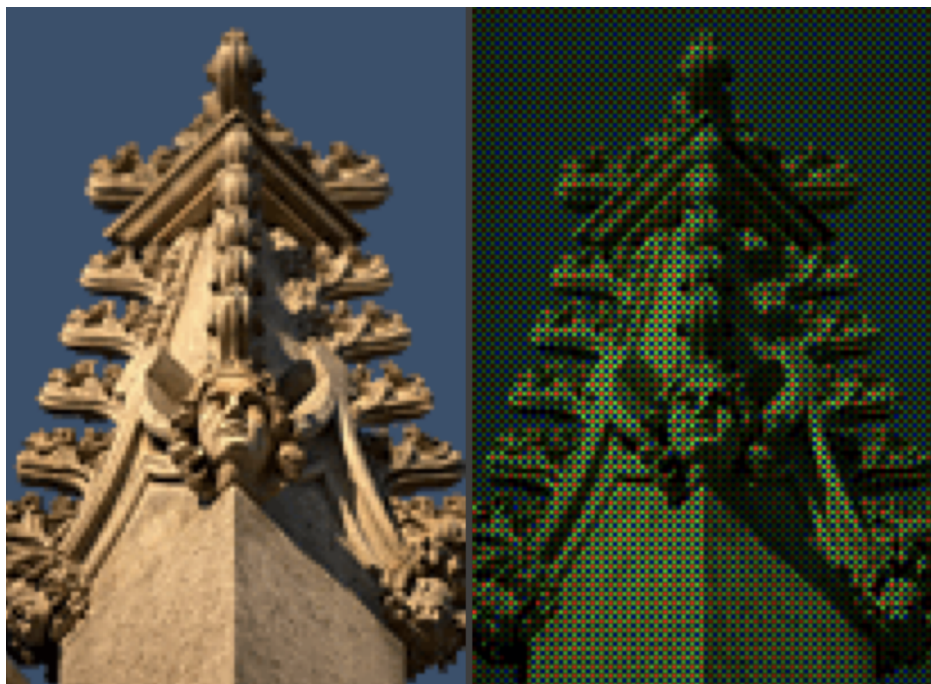


Рисунок 2.2 – Приклад зображення після і до демозаїкізації

Передостаннім кроком у створенні фотографії є гамма корекція. Гамма-корекція – корекція яскравості цифрового зображення, що використовується

для оптимізації кодуванні зображення на основі того, що людське око не може сприйняти усю кольорову палітру збережену у звичайному вихідному зображенні.

Останнім кроком є конвертування зображення у один з популярних форматів – наприклад, JPG або PNG, тощо.



Рисунок 2.3 – Традиційний цикл обробки зображень

## 2.1 Алгоритми роботи з RAW – зображеннями

У наш час все більше і більше популярними стають методи обробки RAW зображень, які, на відміну від зображень, які пройшли повний цикл обробки, використовуючи дефолтні налаштування камери, дають повний контроль над усією інформацією, яка зберігається у сигналах.

### 2.1.1 Learn to see in the dark

Отримавши необроблені дані від датчика зображення, традиційний цикл обробки зображень застосовує послідовність кроків, таких як регулювання кольору, демозаїкізація, прибирання шуму, гама корекція та інші, щоб отримати результуюче зображення. У більшості випадків усі ці кроки відбуваються при сталих

налаштуваннях камери, а отже користувач не має жодного контролю над якістю результуючого зображення. Провідною ідеєю дослідників з Інтел та Іллінойського університету Урбана-Шамплейні було створення та навчання нейронної мережі, яка повинна була б виконувати увесь цикл обробки зображення починаючи з вхідних сигналів RAW даних для відтворення покращеного зображення. Проте, більшість існуючих методів обробки зображень із низьким освітленням оцінювались на синтетичних даних або на реальних зображеннях із низьким рівнем освітлення без порівняння з якісним зображенням зробленим у тих самих умовах. Крім того, не існує публічного набору даних для тренування та тестування алгоритмів покращення зображень, який містив би в собі якісне еталонне зображення з довгою експозицією. Саме тому дослідники з Intel зібрали новий набір необроблених зображень, знятих при швидкій експозиції в умовах низького освітлення. Кожне зображення із слабким освітленням має відповідне якісне еталонне зображення з довгою експозицією, що в свою чергу дає змогу використовувати його для побудови моделі машинного навчання.

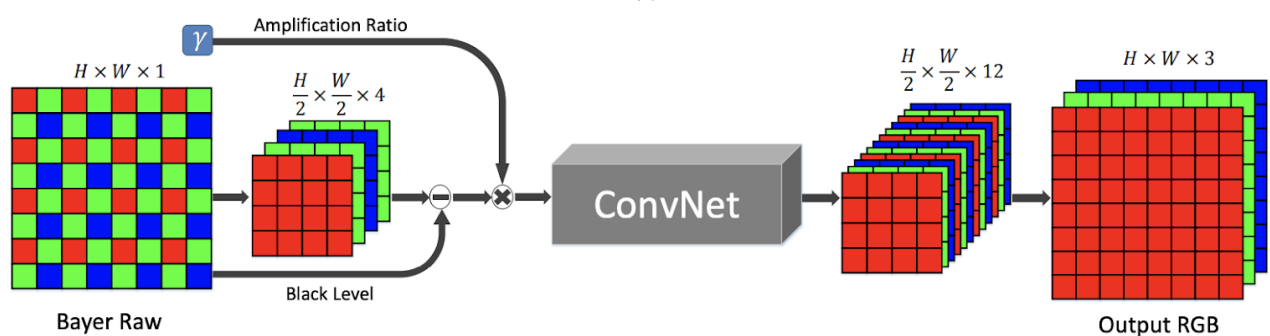


Рисунок 2.4 – Запропонований цикл обробки зображень

Рисунок 2.4 демонструє використану структуру циклу обробки зображень. У якості вхідних даних використовується масив кольорових фільтрів Байєра, який розкладається на відповідні чотири кольорові шари і зменшується на два у кожному

вимірі. Після цього відбувається віднімання чорного рівня та масштабування даних за необхідним коефіцієнтом посилення (наприклад,  $\times 100$  або  $\times 300$ ). Отриманий масив даних передається у згорткову нейронну мережу, де відбувається обробка зображення. На вихід нейронної мережі подається вдвічі зменшене 12-канальне кольорове зображення [1]. Цей вихідний результат обробляється останнім шаром для відновлення оригінального розміру зображення.

Основною архітектурою згорткової мережі є U-Net, основна ідея якої – доповнити звичайну контрактну мережу послідовними шарами, де операції пулінгу замінюються операторами апсамплінгу. Таким чином ці шари збільшують роздільну здатність вихідних даних. Більше того, послідовний згортковий шар може потім навчитися збирати точний результат на основі цієї інформації. Однією з важливих модифікацій U-Net є те, що в частині розгортання є велика кількість функціональних каналів, які дозволяють мережі поширювати інформацію про контекст на рівні з більшою роздільною здатністю [20]. Як наслідок, експансивний шлях є більш-менш симетричним для підрядної частини та дає архітектуру u-подібної форми. Мережа використовує лише дійсну частину кожної згортки без повністю пов'язаних шарів. Для прогнозування пікселів у прикордонній області зображення відсутній контекст екстраполюється дзеркальним відображенням вхідного зображення. Ця стратегія важлива для застосування мережі до цифрових зображень з великою якістю та розширенням, оскільки в іншому випадку роздільна здатність буде обмежена пам'яттю GPU.

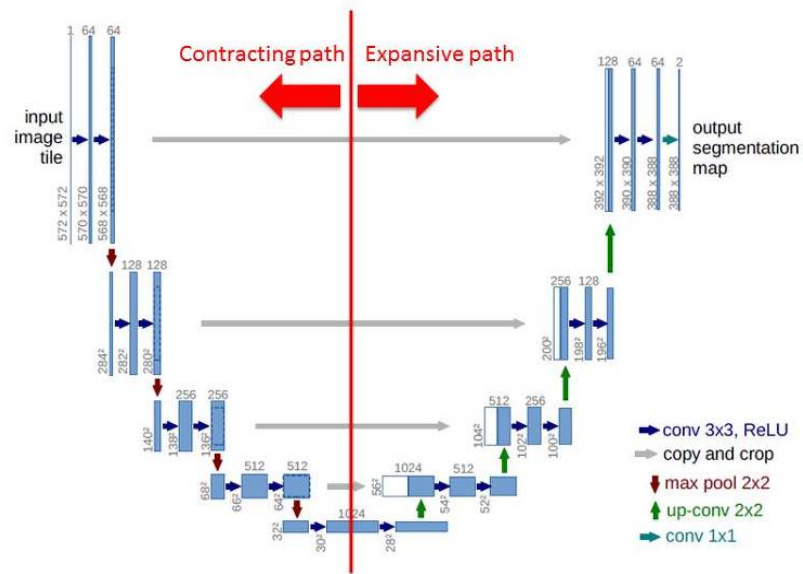
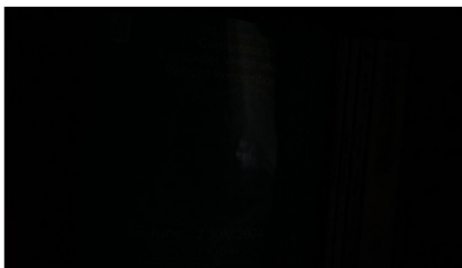
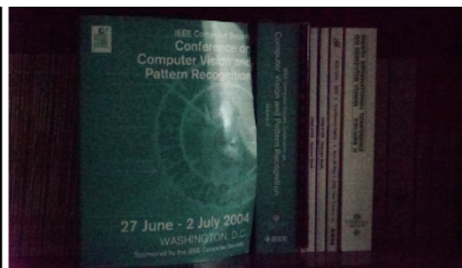


Рисунок 2.5 – Архітектура U-Net

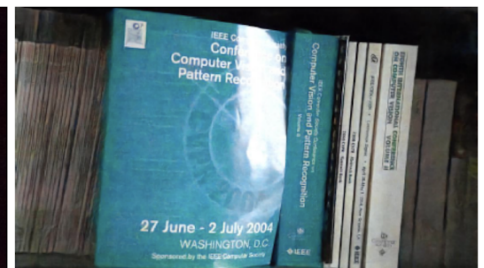
На рисунку 2.6 зображено результат роботи Learn to see in the dark зі звичайною камерою. На рисунку 2.6 (1) зображено результат з камери з ISO 8,000; на 2.6 (2) результат з камери з ISO 409,600; а на рисунку 2.6 (3) результат роботи нейронної мережі Learn to see in the dark.



(1)



(2)



(3)

Рисунок 2.6 – Порівняння роботи Learn to see in the dark зі звичайною камерою



### 2.1.2 HDRnet

Використання мінімуму ресурсів та швидкість є найважливішим завданням для обробки зображень у епоху мобільних телефонів та інтернету речей. Усвідомлюючи, що більшість існуючих алгоритмів покращення зображень не передбачені для роботи у середовищі з обмеженими ресурсами дослідники з Google створили вражаюче нову архітектуру нейронної мережі, здатної покращувати зображення не лише на смартфоні, а й у реальному часі.

Архітектура нейронної мережі була натхненна двосторонньою обробкою сітки та локальними афінними перетвореннями кольорів. Використовуючи пари вхідних / вихідних зображень згорткова нейронна мережу тренується для прогнозування коефіцієнтів локально-афінної моделі в двосторонньому просторі. Запропонована архітектура нейронної мережі вчиться приймати локальні, глобальні та змістовні рішення, щоб наблизити бажану трансформацію зображення. Оскільки, покращення зображень часто залежить не тільки від локальних особливостей зображення, але і від таких характеристик зображення, як гістограми, середня інтенсивність або навіть навколишнє середовище, тому у якості вхідних параметрів нейромережа споживає версію вхідного зображення з низьким розширенням, виробляє набір афінних перетворень у двосторонньому просторі, виконує зразки цих перетворень, зберігаючи край зображення, використовуючи новий вузол зрізування, а потім застосовує ці перетворення до цього зображення в повному розширенні [3]. Цей алгоритм обробляє зображення високої роздільної здатності на смартфоні в мілісекундах, забезпечує відео стрім у реальному часі з розширенням 1080 пікселів та відповідає якості сучасних методів апроксимації. Однією з неймовірних переваг моделі є те, що вона навчається в режимі офлайн із даних і тому не вимагає доступу до оригінального оператора під час виконання. Це дозволяє моделі вивчити складні, залежні від навколишнього середовища трансформації, для яких не було прикладів під час навчання.

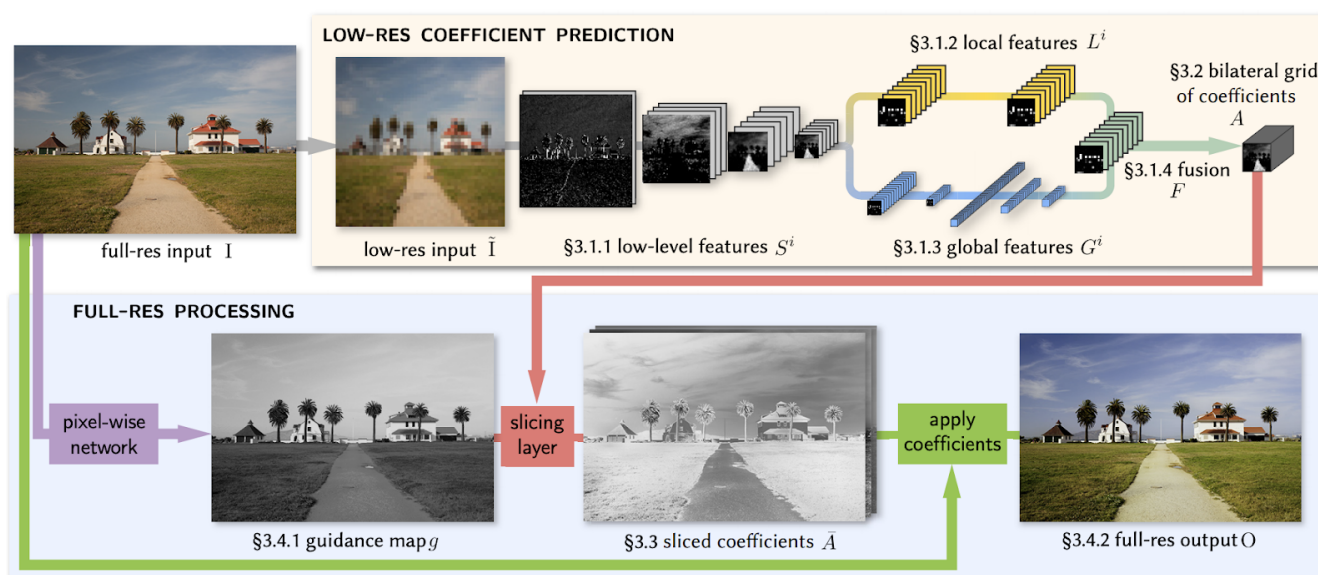


Рисунок 2.7 – Архітектура HDRnet

### 2.1.3 Hdr+

Основна технічна перешкода для кращих фотографій – нестача світла. У стандартній ситуації сцена фотографії загалом може бути недостатньо освітлена. Стандартним рішенням є або застосувати аналоговий або цифровий коефіцієнт посилення, який у свою чергу посилює шум на зображенні або збільшити час експозиції, що спричиняє розмиття руху внаслідок тремтіння камери або руху об'єкта. Дивно, але знімки вдень з високим динамічним діапазоном також можуть постраждати від нестачі світла. Зокрема, якщо час експозиції скорочується, то недостатнє світло може бути зібрано в затінених ділянках зображення. Ці області можна освітлити, використовуючи локальну тоналізацію, але це знову посилює шум. Дослідники із Google винайшли рішення яке є досить компактним та вирішує більшість описаних вище проблем шляхом зйомки фотографій та комбінування їх із стисканням динамічного діапазону.

Ця система використовує підхід до фотозйомки в режимі фотосесії: захоплення кожного зображення під час зйомки з однаковим часом експозиції. Таке рішення було зумовлено проблемами в точній композиції зображень зібраних з різним часом експозиції. Невеликий час експозиції може погіршити композицію через різний рівень шуму та розмитості руху, а час експозиції може зробити неможливим локальну композицію. Останні методи злиття HDR вирішують проблеми різної експозиції, проте найкращі методи є дорогими і все ще демонструють випадкові артефакти або похибки. Отже, отримавши декілька фотографій з однаковим часом експозиції, один із кадрів вибирається як “головний”, що означає, що більш якісні частинки інших кадрів будет композиційно поєднано з цим. Для зменшення розрахункового навантаження з кожного іншого кадру обирається лише один фрагмент. Композиція декількох кадрів, дозволяє створити проміжне зображення з більшою глибиною, більш високим динамічним діапазоном та меншою кількістю шумів порівняно з іншими вхідними кадрами. Результуюча високоякісна (хоча і недоекспоновану) фотографія проходить ще один етап, на якому відбувається збільшення регіонів тіні, при збереженні локального контрасту.

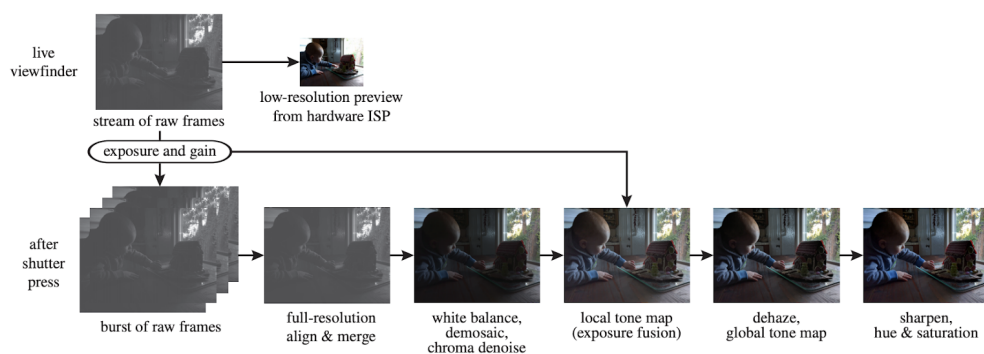


Рисунок 2.8 – Приклад архітектури Hdr+

## 2.2 Алгоритми роботи з цифровими зображеннями

### 2.2.1 Непарне навчання покращенню зображень за допомогою генеративних нейронних мереж

Метод пропонує рішення проблеми покращення зображень за допомогою навчання на вхідному наборі “гарних” зображень як вхідних даних. Запропоноване рішення. Метою є отримання функції  $F$ , яка отримує на вхід зображення  $x$ , та повертає покращене зображення  $F(x)$ . Проте, оскільки “якість” покращеного зображення є виміром суб’єктивним, метод передбачає використання вхідного набору зображень, які мають між собою певні спільні характеристики, які користувач вважає за найважливіші та хотів би бачити в інших. Зображення не мають жодних обмежень на своє джерело походження, а отже можуть бути якісно підібрані для виконання конкретної задачі. Таким чином метод розглядає проблему покращення зображення як процес перетворення зображення за допомогою характеристик наявних у вхідному наборі навчальних фотографій [4].

Оскільки суть задачі полягає у перетворенні одного зображення в інше використовуючи набір певних характеристик, то для вирішення цієї задачі було доцільно використано генеративну змагальну мережу. Генеративні змагальні мережі – це один з різновидів алгоритмів штучного інтелекту, який використовується в навчанні без учителя. Використання алгоритму полягає у створенні системи двох нейронних мереж, які змагаються між собою. Одна мережа генерує кандидатів (генератор), а інша оцінює їх (дискримінатор).

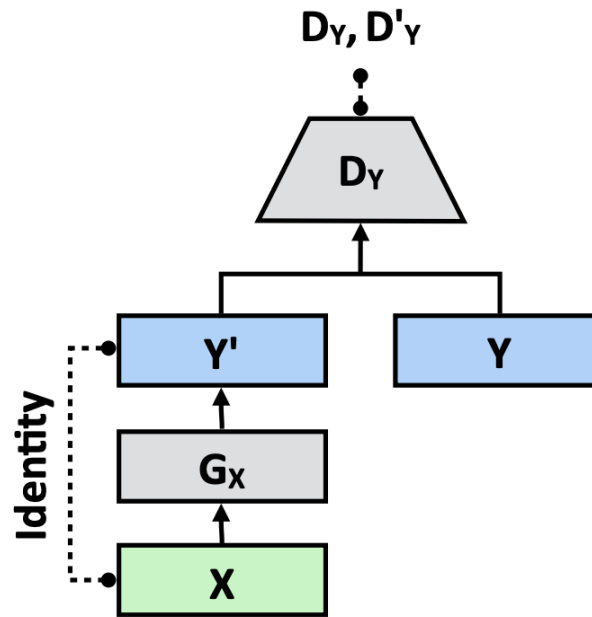


Рисунок 2.9 – Приклад архітектури генеративної змагальної мережі

Дано вхідне зображення  $x \in X$ . Генератор  $G_x$  перетворює  $x$  в за формулою (2.1):

$$y^{\wedge} = G_x(x) \in Y, \quad (2.1)$$

Дискримінатор  $D_y$  намагається знайти різницю між зображеннями з  $\{y\}$  та згенерованими зображеннями за формулою (2.2) :

$$\{y^{\wedge} = G_x(x) \in Y\}, \quad (2.2)$$

Для покращення результатів та забезпечення якості в даній реалізації використовується 2-шляхова генеративна змагальна мережа.

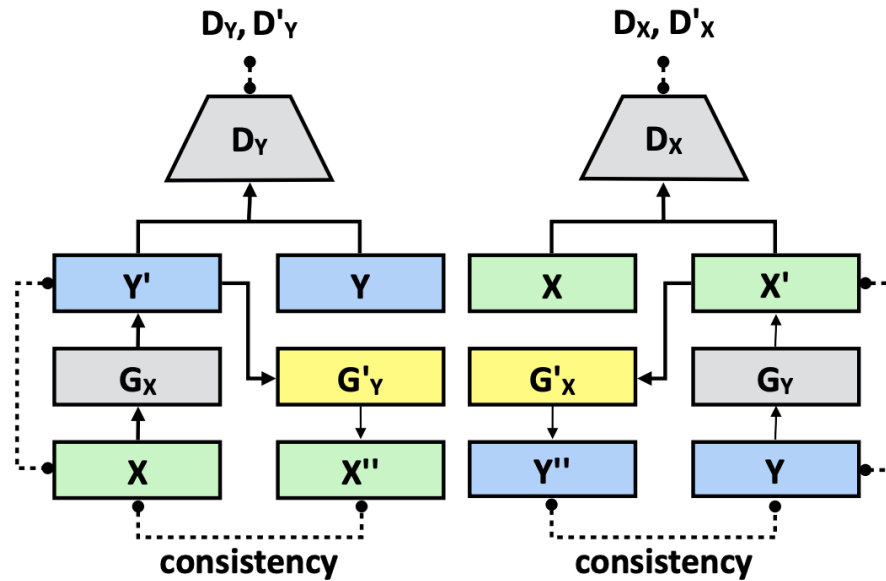


Рисунок 2.10 – Приклад архітектури 2-шляхової генеративної змагальної мережі

Таким чином 2-шляхова мережа може бути представлена формулою (2.3):

$$G_y(G_x(x)) = x, \quad (2.3)$$

де  $G_y$  приймає на вхід  $G_x$  та порівнює його з  $X$ . Крім того, архітектура зумовлює містить пряме відображення ( $X \rightarrow Y$ ) і зворотне відображення ( $Y \rightarrow X$ ).

Проте, генеративні нейронні мережі відомі своєю нестабільністю. Для вирішення цієї проблеми та отримання високоякісних результатів автори виконують кілька вдосконалень на шляху побудови двосторонньої GAN. По-перше, для проектування генератора, U-Net доповнюється глобальними характеристиками зображення. Глобальні характеристики фіксують налаштування навколишнього середовища, загального стану освітлення або навіть тип предмета. Вони корисні для визначення того, які локальні операції потрібно провести над зображенням. По-друге, для зважування генеративної нейронної мережі Вассерстейна використовується адаптивна схема з обрізанням ваги для забезпечення обмеження

Ліпшица. Нарешті, більшість 2-шляхових архітектур генеративних змагальних мереж використовують один і той же генератор як в проходах вперед, так і назад. Це має сенс, оскільки генератори обох контурів виконують подібне відображення з однаковими вхідними та вихідними наборами даних. Однак було виявлено, що невідповідність між розподілами вхідних джерел даних може мати негативний вплив на продуктивність генератора [5]. Саме тому було вирішено використовувати окремі шари нормалізації партії для однотипних генераторів. Таким чином генератор може краще адаптуватися до розподілу вхідних даних. Завдяки цим удосконаленням метод може забезпечити високоякісні покращені фотографії з кращим відтворенням кольорів та різкістю.

### **2.2.2 Покращення зображень з використанням глибоких згорткових нейронних мереж**

Навіть найсучасніші інструменти не можуть помітно поліпшити чіткість зображення, деталі текстур або невеликі кольорові варіації, втрачені датчиком камери, тому створення еталонних зображень, які можна було б використати для машинного навчання неможливо. Штучне пошкодження фотографій для тренування алгоритму також не спрацьовують: рішення не буде працювати із реальними та дуже по справжньому складними артефактами, якщо вони не були передбачені та змодельовані. Тому, головною ідеєю цього метода є навчання глибокої нейронної мережі на наборі даних, який містить у собі еталонне, якісне зображення зроблене на сучасну камеру, та звичайне зображення, зроблене з того самого місця та ракурсу. Проте, оскільки результуючі зображення все одно не є ідентичними, до них було застосовано нелінійні перетворення, результатом яких були зображення з фіксованим розширенням.

Метою алгоритма є перетворення низькоякісного вхідного зображення у еталонне цифрове зображення за допомогою глибокої згорткової мережі.

$$W^* = \operatorname{argmin}_W \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \lambda(F_W(I_s^j), I_t^j), \quad (2.4)$$

де  $F_W$  – глибока нейронна мережа,  $W$  – матриця вагів, а  $\lambda$  – функція похибки вимірювання.

Основною проблемою перетворення зображення є неможливість по-піксельного порівняння вхідного та еталонного зображень, оскільки різні датчики спричиняють специфічні локальні нелінійні спотворення та аберації, що призводять до непостійного зсуву пікселів між кожною парою зображень навіть після точного вирівнювання. Таким чином стандарта функція похибки не може бути застосована. Тому представлена нова функція похибки, що складається з трьох компонентів:

- якість кольору;
- якість текстур;
- якість вмісту зображення.

Для вимірювання якості кольору між вхідними та еталонними зображеннями використовується розмиття Гаусса та евклідову відстань між отриманими компонентами. У контексті нейронної мережі це еквівалентно використанню одного додаткового згорткового шару з фіксованим ядром Гаусса та подальшою функцією середньої квадратичної помилки [3].

У якості функції помилки якості текстур використовується натренована генеративна змагальна мережа. Дискримінатор приймає на вхід зображення у відтінках сірого, що дає змогу оцінити саме якість текстур зображення.

Функція помилки якості вмісту зображення базується на активації нейронів шарів ReLU, претренованої нейронної мережі VGG-19. Замість порівняння



по-піксельної різниці між зображеннями, ця функція бере до уваги характеристики зображення та використовує їх для збереження семантики зображення.

Кількісні та якісні оцінки алгоритма показують, що покращена якість зображення порівнянна з якістю фотографій, знятих на професійну камеру, а методологія узагальнена для будь-якого типу цифрової камери.

## **2.3 Висновки до розділу**

Здебільшого методи, які працюють з ще необробленими даними з сенсора камери мають перевагу над методами, які працюють вже з згенерованим зображенням, оскільки мають можливість застосовувати до сирих сигналів будь-які перетворення, а отже контролюють і сам процес створення зображення. На жаль, більшість методів роботи з сирими даними прив'язано до типу та структури вхідних даних, а отже і до окремого сенсора камери, що робить їх використання у реаліях світу ще досить не однозначними. Іншим великим недоліком алгоритмів та систем такого типу є велика кількість обчислювальних ресурсів, яку вони потребують, що в свою чергу робить їх незастосовними на всіх пристроях з лімітованими ресурсами, таких як смартфони.

В свою чергу алгоритми роботи з вже обробленими зображеннями страждають від створення нових артефактів на зображенні, що може бути досить критичним під час обробки фотографій. Крім того, багато алгоритмів цього класу також потребують досить велику кількість ресурсів при роботі з зображеннями великого розширення, оскільки мають обробити весь масив пікселів декілька разів, що є проблемою на пристроях малою кількістю пам'яті.

### **3 ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПОКРАЩЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЗАТЕМНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Проаналізувавши поставлену задачу, було вирішено розробити систему покращення та аналізу затемнених зображень з використанням веб-технологій. Одна з найбільших переваг веб-додатку є те, що він є універсальним в плані використання на будь-яких пристроях і його незалежність від операційної системи.

### **3.1 Вибір архітектури системи**

Для побудови даної системи було вирішено використовувати архітектуру, що складається з таких компонентів: прикладний програмний інтерфейс, база даних, клієнт та сервер. Архітектуру системи зображено на рисунку 3.1.

Основною ланкою системи є прикладний програмний інтерфейс, що реалізує набір методів та алгоритмів покращення медіа файлів та їх запис у базу даних. Інтерфейс спроектовано таким чином, щоб він мав змогу працювати незалежно від клієнта, як окрема ланка системи, що в свою чергу дає можливість його використання для взаємодії з будь-якою іншою системою.

Комунікація між клієнтом і всіма іншими компонентами системи відбувається за допомогою сервера. Це головна частина системи в якій зосереджена основна бізнес-логіка та логіка доступу до бази даних. Щоб унеможливити пошкодження чи крадіжку персональних даних, сервер є єдиною ланкою між користувачем та базою даних. Саме з використанням сервера відбувається ідентифікація користувача для надання індивідуального та персоналізованого доступу до системи. Використання сервера для комунікації з клієнтською частиною також зумовлює можливість розгортання веб-додатку в окремому середовищі та передачу даних за допомогою HTTP.

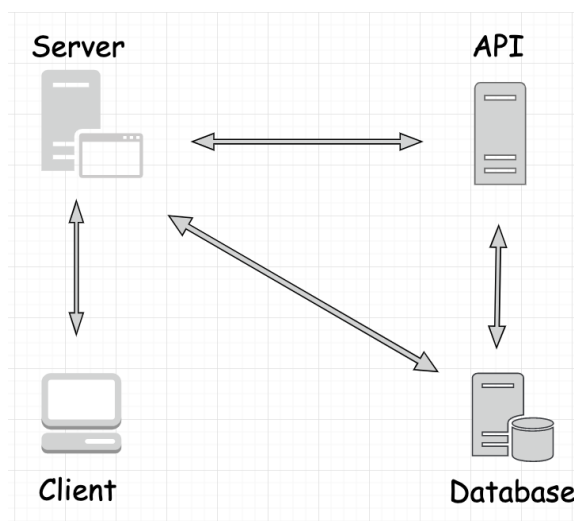


Рисунок 3.1 – Схема архітектури системи

Клієнтська частина представляє собою сайт з яким взаємодіє користувач. Ця частина реалізує інтерфейс для авторизації користувача у системі, а також надає можливість конфігурації параметрів покращення завантажених медіа ресурсів та перегляд або видалення як окремих результатів так і всієї історії взаємодії користувача з системою.

Використання бази даних необхідно для реалізації безпечного збереження даних користувача та його авторизації в системі. Цей рівень забезпечує цілісність даних за допомогою зовнішніх зв'язків та ключів. Таким чином на рівні бази даних також можна реалізовувати деяку бізнес-логіку, яка не потребує використання зовнішніх джерел даних крім самої бази даних та її таблиць.

### 3.2 Опис архітектури прикладного програмного інтерфейсу

Прикладний програмний інтерфейс – інтерфейс або протокол взаємодії різних компонентів системи, що використовується для спрощення розробки програмного забезпечення або як “контракт”, який зумовлює використання системи у певному виді з чітко визначеними методами та форматом комунікації.

Даний інтерфейс було розроблено з використанням методології REST [12], що зумовлює виконання певних архітектурних правил:

- відсутність стану. Тобто кожен запит містить всю необхідну інформацію для його обробки, і не покладається на те, що сервер зберігає інформацію з попереднього запиту;
- кешування. Додатковим обмеженням стилю REST є те, що системи, написані в цьому стилі, повинні підтримувати кешування, тобто дані, які передаються сервером, повинні містити інформацію про те, чи можна їх кешувати, і якщо можна, то як довго. Це дозволяє збільшувати продуктивність, уникаючи зайвих запитів, але також зменшує надійність системи, через те, що дані в кеші можуть бути застарілими.;
- однорідний інтерфейс;
- шари абстракції, що обмежує комунікацію компонента в окремому шарі лише з компонентами в шарі під ним або в шарі над ним.

### **3.3 Опис архітектури клієнт-сервер**

Характеристика клієнт-сервер описує взаємозв'язок програм, що співпрацюють у додатку. Серверна частина програми реалізує контракт певних функцій або послуг та надає їх клієнтам, які ініціюють запити на такі послуги [16]. Сервери класифікуються за послугами, які вони надають. Наприклад, веб-сервер обслуговує веб-сторінки, а файловий сервер – комп'ютерні файли. Таким чином виконання будь-якого запиту клієнта на обмін певними ресурсами є послугою, яку виконує сервер [17].

Модель клієнт-серверної взаємодії визначається перш за все розподілом обов'язків між клієнтом та сервером. Логічно можна відокремити три рівні операцій:

- рівень представлення даних, який по суті являє собою інтерфейс користувача і відповідає за представлення даних користувачеві і введення від нього керуючих команд;
- прикладний рівень, який реалізує основну логіку застосунку і на якому здійснюється необхідна обробка інформації;
- рівень управління даними, який забезпечує зберігання даних та доступ до них.

### **3.4 Опис архітектури бази даних**

База даних – впорядкований набір логічно взаємопов'язаних даних, що використовується спільно, та призначений для задоволення інформаційних потреб користувачів. Головним завданням бази даних є гарантоване збереження значних обсягів інформації та надання доступу до неї користувачеві або ж прикладній програмі. Таким чином база даних складається з двох частин: збереженої інформації

та системи управління нею. З метою забезпечення ефективності доступу записи даних організовують як множину фактів (елемент даних).

Реляційна база даних є сукупністю елементів даних, організованих у вигляді набору формально описаних таблиць, з яких дані можуть бути доступними або повторно зібрані багатьма різними способами без необхідності реорганізації таблиць бази даних.

### **3.5 Опис інструментів розробки**

Основним середовищем розробки було середовище розробки JetBrains PyCharm, що є одним із найпопулярніших середовищ розробки для Python, на які можна оформити студентську ліцензію.

Програмний засіб був розроблений з використанням можливостей мови Python та принципів REST-архітектури на основній частині; мови скриптування Bash на середовищі Linux.

Мова програмування Python – інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня з строгою динамічною типізацією. Структури даних високого рівня разом із динамічною семантикою та динамічним зв'язуванням роблять її привабливою для швидкої розробки програм, а також як засіб поєднання існуючих компонентів. Python підтримує модулі та пакети модулів, що сприяє модульності та повторному використанню коду. Інтерпретатор Python та стандартні бібліотеки доступні як у скомпільованій так і у вихідній формі на всіх основних платформах. В мові програмування Python підтримується кілька парадигм програмування, зокрема: об'єктно-орієнтована, процедурна, функціональна та аспектно-орієнтована.

Python має ефективні структури даних високого рівня та простий, але ефективний підхід до об'єктно-орієнтованого програмування. Елегантний синтаксис Python, динамічна обробка типів, а також те, що це інтерпретована мова, роблять її ідеальною для написання скриптів та швидкої розробки прикладних програм у багатьох галузях на більшості платформ.

MySQL – вільна система керування реляційними базами даних. MySQL був розроблений компанією «ТсХ» для підвищення швидкодії обробки великих баз даних. Ця система керування базами даних (СКБД) з відкритим кодом була створена як альтернатива комерційним системам. MySQL з самого початку була дуже схожою на mSQL, проте з часом вона все розширювалася і зараз MySQL – одна з найпоширеніших систем керування базами даних. Вона використовується, в першу чергу, для створення динамічних веб-сторінок, оскільки має чудову підтримку з боку різноманітних мов програмування.

MySQL – компактний багатопотоковий сервер баз даних. Характеризується високою швидкістю, стійкістю і простотою використання. MySQL вважається гарним рішенням для малих і середніх застосувань. Найповніше можливості сервера виявляються в UNIX-системах (Linux), де є підтримка багатопоточності, що підвищує продуктивність системи в цілому. Можливості сервера MySQL:

- підтримується необмежена кількість користувачів, що одночасно працюють із БД;
- кількість рядків у таблицях може досягати 50 млн, що зручно для аналізу даних;
- висока швидкість виконання команд;
- наявність простої і ефективної системи безпеки.

PHP – скриптова мова програмування, була створена для генерації HTML-сторінок на стороні веб-сервера. PHP є однією з найпоширеніших мов, що використовуються у сфері веб-розробок (разом із Java, .NET, Perl, Python, Ruby). PHP підтримується переважною більшістю хостинг-провайдерів. PHP – проект



відкритого програмного забезпечення. PHP інтерпретується веб-сервером у HTML-код, який передається на сторону клієнта. На відміну від скриптової мови JavaScript, користувач не бачить PHP-коду, бо браузер отримує готовий html-код. Це є перевагою з точки зору безпеки, але погіршує інтерактивність сторінок [17].

JavaScript (JS) – динамічна, об'єктно-орієнтована прототипна мова програмування. Реалізація стандарту ECMAScript. Найчастіше використовується для створення сценаріїв веб-сторінок, що надає можливість на стороні клієнта (пристрої кінцевого користувача) взаємодіяти з користувачем, керувати браузером, асинхронно обмінюватися даними з сервером, змінювати структуру та зовнішній вигляд веб-сторінки. JavaScript класифікують як прототипну (підмножина об'єктно-орієнтованої), скриптову мову програмування з динамічною типізацією. Окрім прототипної, JavaScript також частково підтримує інші парадигми програмування (імперативну та частково функціональну) і деякі відповідні архітектурні властивості, зокрема: динамічна та слабка типізація, автоматичне керування пам'яттю, прототипне наслідування, функції як об'єкти першого класу. Мова JavaScript використовується для: написання сценаріїв веб-сторінок для надання їм інтерактивності; створення односторінкових веб-застосунків (React, AngularJS, Vue.js); програмування на стороні сервера (Node.js); стаціонарних застосунків (Electron, NW.js); мобільних застосунків (React Native, Cordova); сценаріїв в прикладному ПЗ (наприклад, в програмах зі складу Adobe Creative Suite чи Apache JMeter); всередині PDF-документів тощо.

Hypertext Markup Language – стандартна мова розмітки для створення веб-сторінок і веб-додатків. З Cascading Style Sheets (CSS) і JavaScript, вона утворює тріаду основних технологій для мережі Інтернет. Веб-браузери отримують HTML-документи з веб-сервера або з локальної пам'яті і передають документи в мультимедійні веб-сторінки. HTML описує структуру веб-сторінки семантично.

CSS використовується авторами та відвідувачами веб-сторінок, щоб визначити кольори, шрифти та інші аспекти вигляду сторінки. Одна з головних переваг –

можливість розділити зміст сторінки (або контент, наповнення, зазвичай HTML, XML або подібна мова розмітки) від вигляду документу (що описується в CSS).

### **3.6 Перелік використаних методів покращення та аналізу затемнених зображень**

#### **3.6.1 Корекція гамми**

Гамма-корекція, або часто просто гамма – це нелінійна операція, що використовується для оптимізації кодування зображення на основі того, що людське око не може сприйняти усю кольорову палітру збережену у звичайному вихідному зображенні [10]. Корекція гамми в найпростіших випадках визначається наступним виразом (3.1):

$$V_{out} = AV_{in}^{\gamma}, \quad (3.1)$$

де  $V_{in}$  негативне реальне вхідне значення,  $\gamma$  - гамма,  $A$  – константа.

Значення гамми  $<1$  іноді називають кодуючою гамою, а процес кодування за допомогою цієї стискаючої нелінійності закону потужності називається компресією гамми; навпаки, гамма-значення  $>1$  називається гаммою декодування, а застосування закону розширеної нелінійності називається гамма-розширенням.

Гамма може бути візуалізована як нахил кривої вхідних-вихідних значень, якщо побудована на логарифмічних осях. Для кривої потужності цей нахил є постійним, але ідею можна поширити на будь-який тип кривої.



Рисунок 3.1 – Приклад роботи гамма корекції зображення

### 3.6.2 Еквалізація гистограми

Гістограма – це графічне зображення розподілу інтенсивності кольорів зображення. Простіше кажучи, вона представляє кількість пікселів для всіх розглянутих значень інтенсивності.

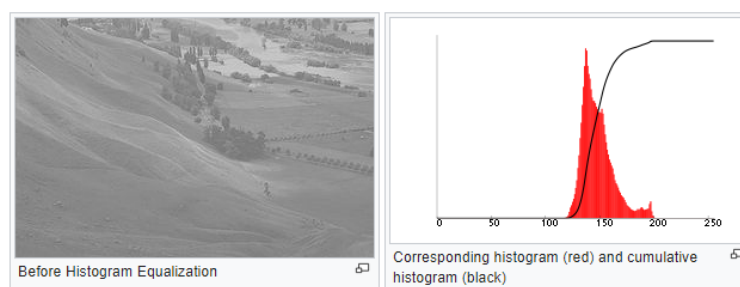


Рисунок 3.2 – Приклад гистограми інтенсивності кольорів зображення

На наведеному рисунку 3.2 вісь X являє собою тональну шкалу (чорна зліва та біла справа), а вісь Y – кількість пікселів у зображенні. Тут гістограма показує кількість пікселів для кожного рівня яскравості (від чорного до білого), а коли пікселів більше, пік на певному рівні яскравості вище.

Еквалізація гистограми зображення – це комп'ютерна техніка обробки зображень, яка використовується для поліпшення контрастності зображень. Це

досягається шляхом ефективного розподілу найчастіших значень інтенсивності, тобто розтягування діапазону інтенсивності зображення.

Цей метод зазвичай збільшує глобальний контраст зображень, коли його корисні дані представлені близькими значеннями контрасту. Це дозволяє областям з нижчим локальним контрастом отримати більш високий контраст, як зображено на рисунку 3.3.

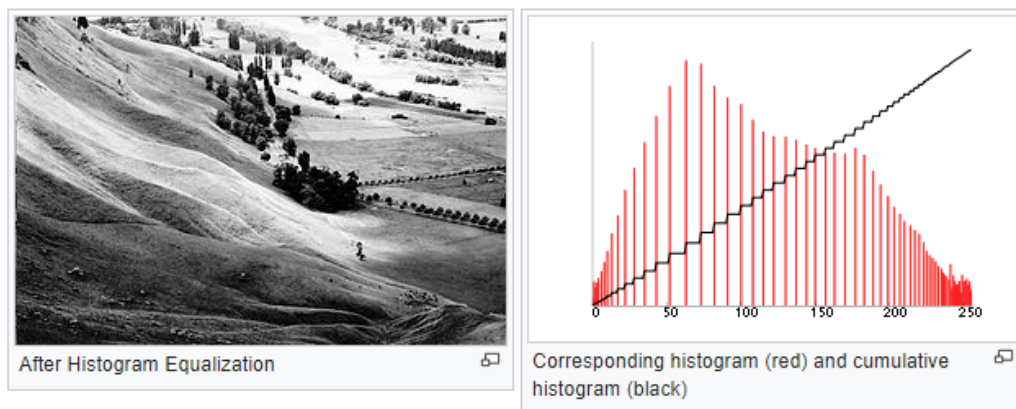


Рисунок 3.3 – Приклад еквалізації гістограм для зображення

Гістограма кольору зображення представляє кількість пікселів у кожному типі кольорового компонента. Еквалізацію гістограми не можна застосовувати окремо до червоного, зеленого та синього компонентів зображення, оскільки це призводить до кардинальних змін у кольоровому балансі зображення. Однак якщо зображення спочатку перетворюється в інший кольоровий простір, наприклад, кольоровий простір HSL / HSV, то алгоритм можна застосувати до каналу яскравості або значення, не призводячи до зміни відтінку і насиченості зображення.

### 3.6.3 Динамічна еквалізація гістограми

Суть динамічної еквалізації гістограми полягає у використанні звичайної еквалізації гістограми так, щоб у вихідному зображенні не було жодної втрати якості.

Спочатку для гістограми зображення застосовується одновимірний згладжуючий фільтр розміром  $1 \times 3$  для позбавлення від незначних мінімумів. Після цього створюються підрозділи гістограми, беручи частину гістограми, що потрапляє між двома локальними мінімумами (перший і останній ненульові компоненти гістограми вважаються мінімумами). Такий розподіл гістограми допомагає запобігти домінуванню одних частин гістограми в інших [19]. Проте це не гарантує, що в розподілі гістограми не буде домінуючих компонентів, тому наступним кроком потрібно порахувати стандартне відхилення частоти компонентів гістограми. Якщо цей показник вище за 68.3%, то розподіл гістограми вважається нормальним, у іншому ж випадку гістограма ще раз розбивається на три частини, базуючись на рівні сірого кольору. Операція продовжується до того випадку, коли результуючі частини гістограми не будуть мати нормальний розподіл. На відміну від звичайної еквалізації гістограми, така операція гарантує позбавлення від домінантних часточок під часу розподілу.

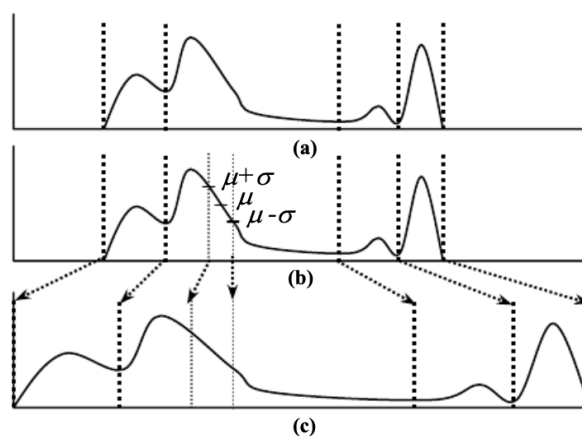


Рисунок 3.4 – Приклад динамічної еквалізації гістограм для зображення

На рисунку 3.4 (a) зображено розподіл на під-гістограми базуючись на локальному мінімумі, у 3.4 (b) представлено розподіл частинок гістограми у разі відсутності нормального розподілу. У 3.4 (c) показано розподіл рівня сірого для утворених під-гістограм.

Цей метод перевершує інші існуючі підходи, покращуючи контрастність, не вводячи серйозних побічних ефектів, таких як вимитий зовнішній вигляд або небажані артефакти. Однак якщо гістограма вхідного зображення вже охоплює майже весь спектр шкали сірого, еквалізація гістограми не може гарантувати значну візуальну різницю.

### **3.6.4 Еквалізація гістограми з лімітом контрасту**

Адаптивна еквалізація гістограми – це комп'ютерна техніка обробки зображень, яка використовується для поліпшення контрасту в зображеннях. Вона відрізняється від звичайної еквалізації гістограми тим, що адаптивний метод обчислює кілька гістограм, кожна з яких відповідає окремому ділянці зображення, і використовує їх для перерозподілу значень світлості зображення. Тому він підходить для покращення локального контрасту та покращення визначення країв у кожній області зображення.

Звичайна адаптивна еквалізація гістограми, як правило, підсилює контраст у майже постійних областях зображення, оскільки гістограма в таких регіонах сильно сконцентрована. Як наслідок адаптивна еквалізація гістограми часто призводить до посилення шуму. Еквалізація гістограми з лімітом контрасту – це варіант адаптивного вирівнювання гістограми, в якому посилення контрастності обмежене, щоб зменшити проблему посилення шуму.

У цьому випадку підсилення контрасту в районі заданого значення пікселя задається нахилом функції перетворення. Це пропорційно нахилу сусідньої функції кумулятивного розподілу  $i$ , отже, значенню гістограми при цьому піксельному значенні. Еквалізація гістограми з лімітом контрасту обмежує посилення шуму шляхом відсікання гістограми за заздалегідь заданим значенням до обчислення кумулятивного розподілу. Це обмежує нахил кумулятивного розподілу  $i$ , отже, функції перетворення. Значення, при якому обрізається гістограма, так звана межа

кліпу, залежить від нормалізації гистограми  $i$ , отже, від розміру сусідньої області. Загальні значення обмежують отримане посилення між 3 і 4. Вигідно не відкидати частину гистограми, яка перевищує межу кліпу, а перерозподілити її рівномірно між усіма гистограмами. Таку операцію можна продовжувати рекурсивно аж поки не буде досягнуто бажаний ліміт розподілу.

### 3.6.5 Фреймворк злиття експозицій

У більшості зображень створених на відкритому повітрі, сенсори камери не дають змоги отримати гарну експозицію всіх пікселів, оскільки їх динамічний діапазон лімітовано. Звісно, можна збільшити час експозиції, проте це в свою чергу, зробить всі пікселі яким вже вистачило світла – перенасиченими. Ідеєю фреймворку злиття експозицій є використання вхідного зображення зробленого в умовах недостатньої освітленості для генерації синтетичних зображень з різним рівнем експозиції та їх злиття у результуюче покращене зображення:

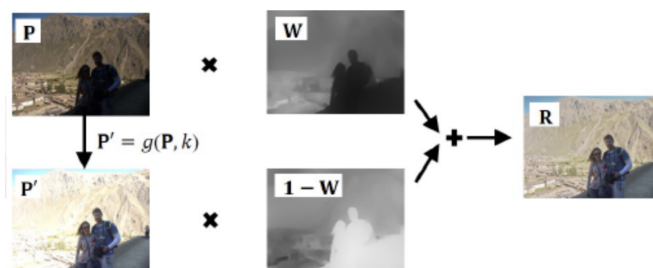


Рисунок 3.5 – Приклад злиття декількох зображень

Рисунок 3.5 демонструє логіку роботи фреймворку злиття експозицій і може бути представлений даним виразом:

$$R^c = \sum_{i=1}^N W_i \cdot P_i^c, \quad (3.2)$$

де  $N$  – це кількість зображень,  $P_i$  – це  $i$ -те зображення зображення в наборі експозиції,  $W_i$  – це вагова матриця зображення,  $c$  – індекс трьох кольорових каналів, а  $R$  – це результуюче покращене зображення.

Використовуючи функцію перетворення яскравості зображення (Brightness Transform Function) створюється вагова матриця для синтезу та злиття зображень. Далі, за допомогою моделі редагування камери утворюється синтетичний сет нових зображень з набором різних експозицій. Після цього до усіх вихідних зображень застосовується функція пошуку найкращого регіону експозиції, метою якої є знаходження регіону зображення, яке є більш насиченим за оригінальне. Нарешті, вхідне зображення та синтетичне зображення зливаються відповідно з коефіцієнтами вагової матриці. Експерименти показують, що цей метод може отримати результати без викривлення контрасту та генерації шумів порівняно з результатами інших сучасних методів [21].

### 3.6.6 RetinexNet

Модель Retinex – це ефективний інструмент для покращення зображення при низькому освітленні. Її головною особливістю є те, що вона робить припущення, що вхідні зображення можуть бути розкладені на відображення та освітленість, як показує формула 3.3:

$$S = R * I, \quad (3.3)$$

де  $S$  – вхідне зображення,  $R$  – відображення,  $I$  – освітленість.

Відображення описує внутрішню властивість захоплених об'єктів, яка є сталою при будь-яких умовах освітленості. Освітленість описує різну ступінь освітленості об'єкта. На затемнених зображеннях цей параметр загалом страждає



від темряви та незбалансованого освітлення. Модель RetinexNet складається з трьох складових: розкладання вхідного зображення за допомогою Decom-Net, його покращення з використанням Enhance-Net і реконструкція зображення [6].

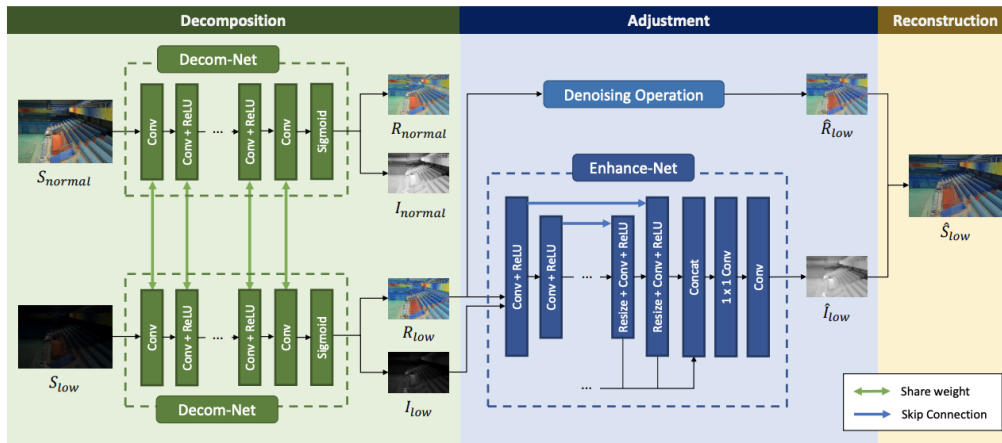


Рисунок 3.6 – Архітектура RetinexNet

Під час тренування Decom-Net приймає у якості вхідних параметрів пару зображень зібраних у умовах низької та нормальної освітленості. На цьому етапі мережа навчається розкладати зображення роблячи припущення, що обидва вхідних параметра мають одне й те саме відображення, що в свою чергу означає, що система не потребує жодних вхідних параметрів для рівня відображення.

У якості вхідного параметра Enhance-Net приймає структуру фреймворку архітектури типу енкодер-декодер. Енкодер-декодер отримує контекст зображення у великих регіонах. Після цього вхідне зображення стискається до меншого розміру, щоб мережа могла отримати інформацію про розподіл освітленості з іншого ракурсу. Це дає мережі змогу виконувати адаптивне покращення зображення. Маючи інформацію про параметри освітлення зображення до стиснених зображень застосовується функція реконструкції локального освітлення. Для регулювання освітленості ієрархічно, що означає збереження послідовності глобальної

освітленості при адаптації різноманітного локального освітлення, вводиться багатомасштабна конкатенація. Цей процес означає, що набір вхідних характеристик інтерполюється з використанням алгоритму найближчого сусіда. У якості останнього кроку відбувається реконструкція оригінального зображення з усіх створених в процесі розкладу та покращення.

Унікальна структура мережі RetinexNet зумовлює створення меншої кількості випадкових артефактів, що дає їй значну перевагу над іншими алгоритмами.

### **3.6.7 Порівняльний аналіз алгоритмів**

Порівняння якості зображень залишається відкритим питанням у сучасній дисципліні комп'ютерного зору, оскільки порівняння зображень за допомогою якихось критеріїв окрім сприйняття людини є дуже суб'єктивним, оскільки не існує конкретної метрики для відображення зміни усіх параметрів за якими можна оцінити зображення. Так як параметри оцінки якості зображення залежать від бажаного результуючої цілі - вони постійно змінюються, що робить створення такої метрики неможливим.

Беручи до уваги те, що використані алгоритми є стандартом у задачі покращення затемнених зображень і їх порівняльний аналіз вже було проведено з використанням опитування безлічі респондентів, було вирішено виконати порівняльний аналіз алгоритмів беручи до уваги лише їх швидкість роботи з зображеннями.

У таблиці 3.1 наведено приклад порівняння швидкості роботи методів з використанням двох типів зображень: низько якісного зображення з розширенням 600x400 та зображення високої якості розміру 4384x2466.

Таблиця 3.1. Порівняльний аналіз методів покращення затемнених зображень

Назва методу	Швидкість обробки зображення розміром 600x400	Швидкість обробки зображення розміром 4384x2466
Корекція гамми	0.28s	0.31s
Еквалізація гистограми	0.31s	3.13s
Динамічна еквалізація гистограми	30.11s	1260s
Еквалізація гистограми з лімітом контрасту	1.00s	1.08s
Фреймворк злиття експозиції	0.58s	404s
RetinexNet	4.22s	111s

### 3.7 Висновки до розділу

В цьому розділі було проведено аналіз програмної області та вимог, в результаті якого було обрано засоби реалізації програмного продукту. Також було сформовано набір технологій, які будуть використовуватися для створення клієнт-серверної частини додатку та алгоритмів покращення затемнених зображень, які будуть використані для покращення медіа файлів та відео зображення у реальному часі.



## **4 ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ**

Система покращення та аналізу затемнених зображень складається з таких частин: прикладний програмний інтерфейс, база даних, клієнт та сервер.

### **4.1 Опис функціональності системи**

У функціоналі веб-додатку створена можливість реєстрації та авторизації користувача, що забезпечує персоналізований та захищений доступ до системи. Також було реалізовано функціонал покращення існуючого фото чи відео, створеного при умовах недостатньої освітленості, з можливістю вибору та налаштування одного з шести алгоритмів покращення зображення. Для покращення відео у реальному часі доступні лише два алгоритми, що зумовлено їх швидкістю дії та обмеженнями ресурсів системи. Крім того, було реалізовано функціонал галереї, що надає користувачу можливість переглянути історію своєї взаємодії з системою та видалити або зкачати покращені медіа файли.

Програмна реалізація системи містить в собі одного головного актора – користувача системи;

На рисунку 4.1 представлена діаграма прецедентів, яка описує функції та дії актора у системі.

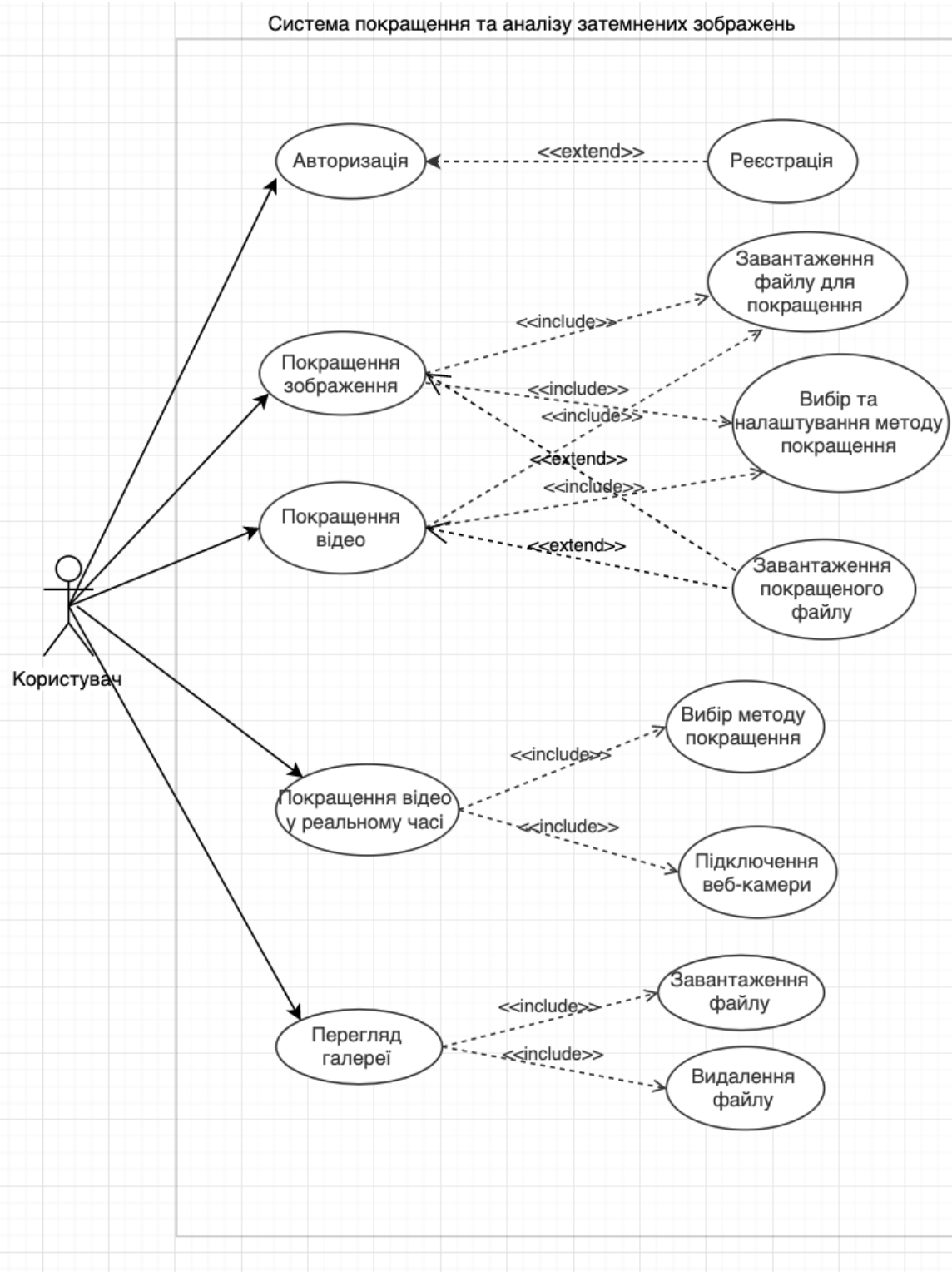


Рисунок 4.1 – Діаграма прецедентів системи

## 4.2 Опис програмної реалізації клієнт-серверної частини системи

Клієнтський додаток було створено з використанням мов програмування PHP, JS та Html, CSS.

Коли користувач вводить URL-адресу в адресному рядку веб-браузера на веб-сервер за цією URL-адресою надсилається повідомлення на веб-сервер з проханням надіслати HTML-файл. Під час обробки цього повідомлення відбувається виконання PHP скрипта, що відповідає за логіку роботи додатку.

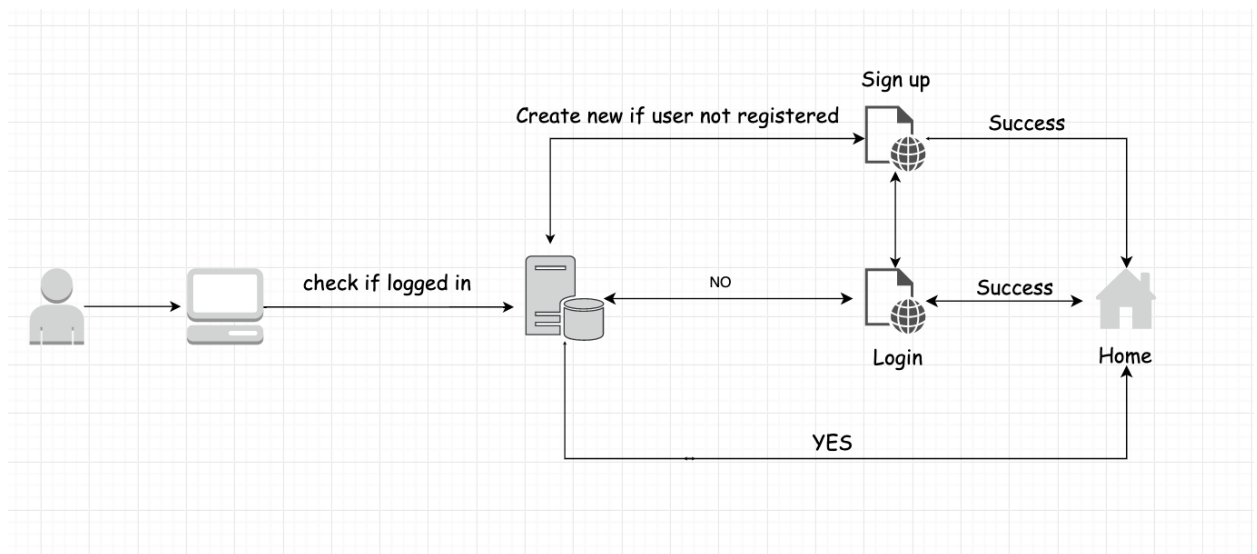


Рисунок 4.2 – Схема авторизації користувача у додатку

Перед тим як повернути HTML-файл виконується перевірка наявності захищеного ідентифікатора веб-сесії користувача або Кукі у базі даних. Якщо дані відрізняються – користувачу буде повернено сторінку авторизації, а якщо дані збігаються, то відкриється головна сторінка.

На рисунку 4.3 зображено схему роботи основної частини веб-додатку.

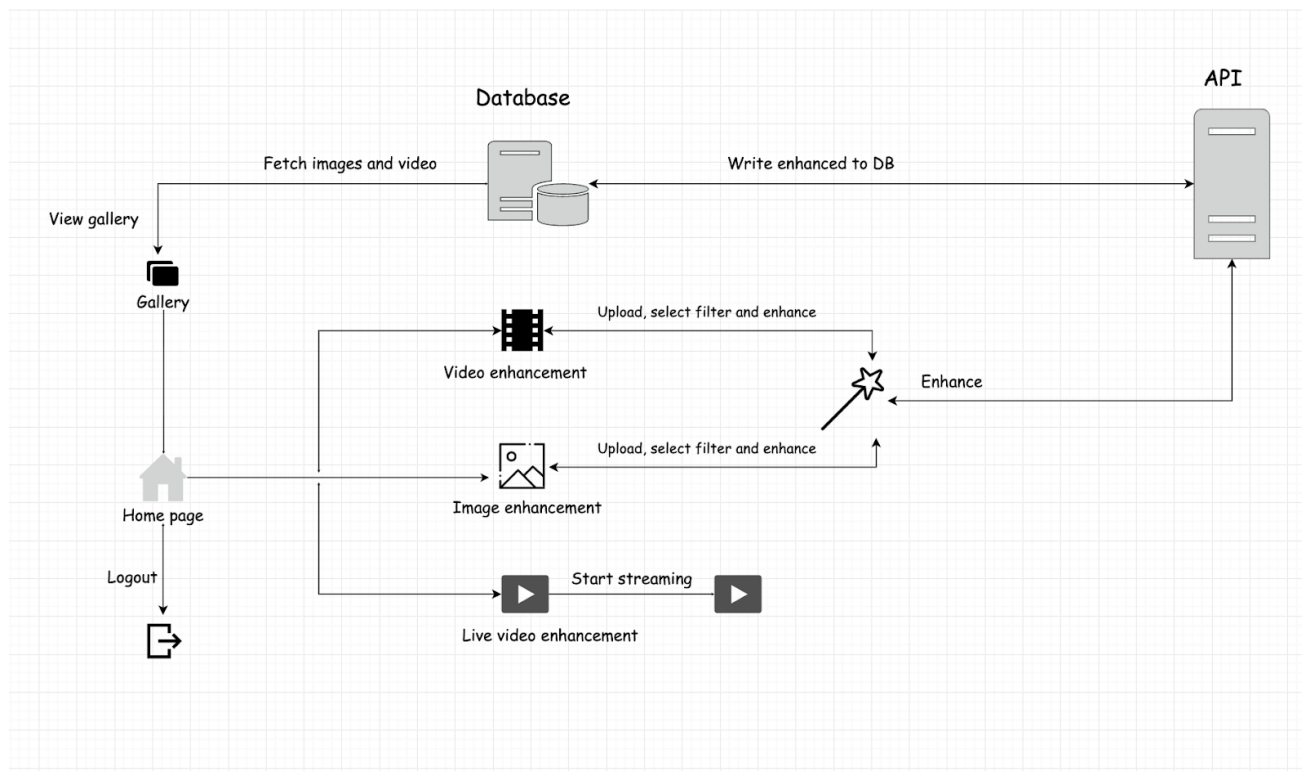


Рисунок 4.3 – Схема основного функціоналу додатку

Авторизовавшись у системі та опинившись на головному екрані користувач має можливість вийти з системи – у цьому випадку захищений ідентифікатор веб-сесії буде замінено на null у базі даних.

Завантаживши зображення або відео та обравши параметри і алгоритм покращення, за допомогою Ajax та PHP відбувається запит на ендпоінт прикладного програмного інтерфейсу. Після завершення обробки запиту система отримує відповідь у форматі Json та відображає результат.

Покращення відео у реальному часі відбувається за допомогою технології Iframe у яку повертається покращене зображення.

Запит відкриття галереї запускає процес завантаження медіафайлів конкретного користувача з бази даних, а їх видалення створює відповідний запит до бази даних.



### 4.3 Концептуальна модель бази даних

База даних системи складається з двох взаємопов'язаних таблиць реляційної бази даних, які створюють єдиний інформаційний простір для зберігання та отримання доступу до даних.

Головною таблицею є “Users”, яка містить у собі інформацію про користувачів системи.

Таблиця “gallery” містить всю інформацію про медіа файли покращені користувачем.

Концептуальна модель бази даних приведена на рисунку 4.4.

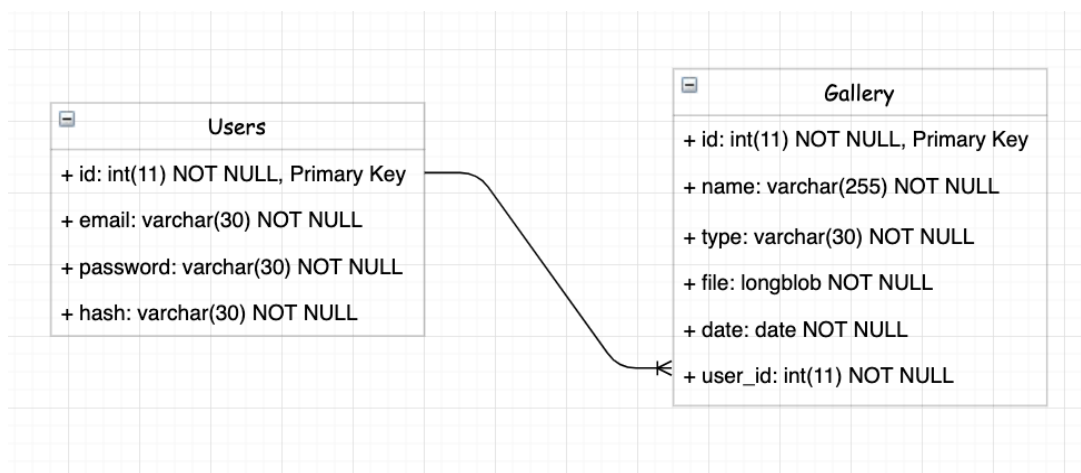


Рисунок 4.4 – Концептуальна модель бази даних

### 4.4 Опис програмної реалізації прикладного програмного інтерфейсу системи

Прикладний програмний інтерфейс було реалізовано за допомогою мови програмування Python та використання фреймворку Flask [18]. Створений інтерфейс являє собою окремий програмний модуль, що в свою чергу дає можливість його використання для взаємодії з будь-якою іншою системою. Інтерфейс надає функціонал:

- покращення зображення;
- покращення відео;
- покращення відео у реальному часі;
- запис медіа файлів у базу даних.

Для реалізації цього функціоналу було створено три ендпоінти, які отримують HTTP запит у форматі Json:

- /enhance\_image з параметрами user\_id, filter\_type, filter\_params, image;
- /enhance\_video з параметрами user\_id, filter\_type, filter\_params, image;
- /video\_feed з параметрами filter\_type, filter\_params.

На рисунку 4.5 приведено схему обробки та покращення вхідного цифрового зображення.

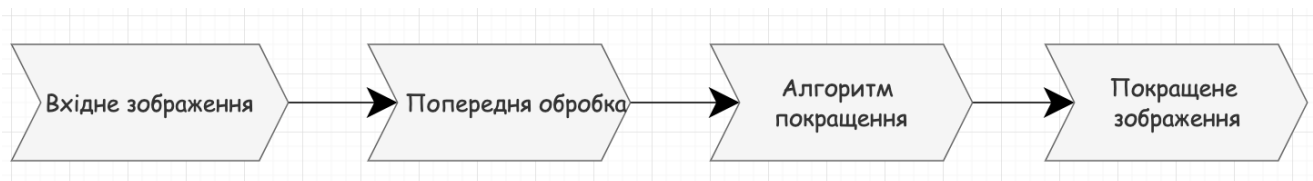


Рисунок 4.5 – Схема обробки та покращення вхідного цифрового зображення

На етапі обробки вхідне зображення перетворюється масив даних, який потім передається у алгоритм покращення.

Щоб забезпечити можливість розширення діапазону доступних у системі фільтрів та полегшити їх конфігурацію було створено наступну ієрархію класів.

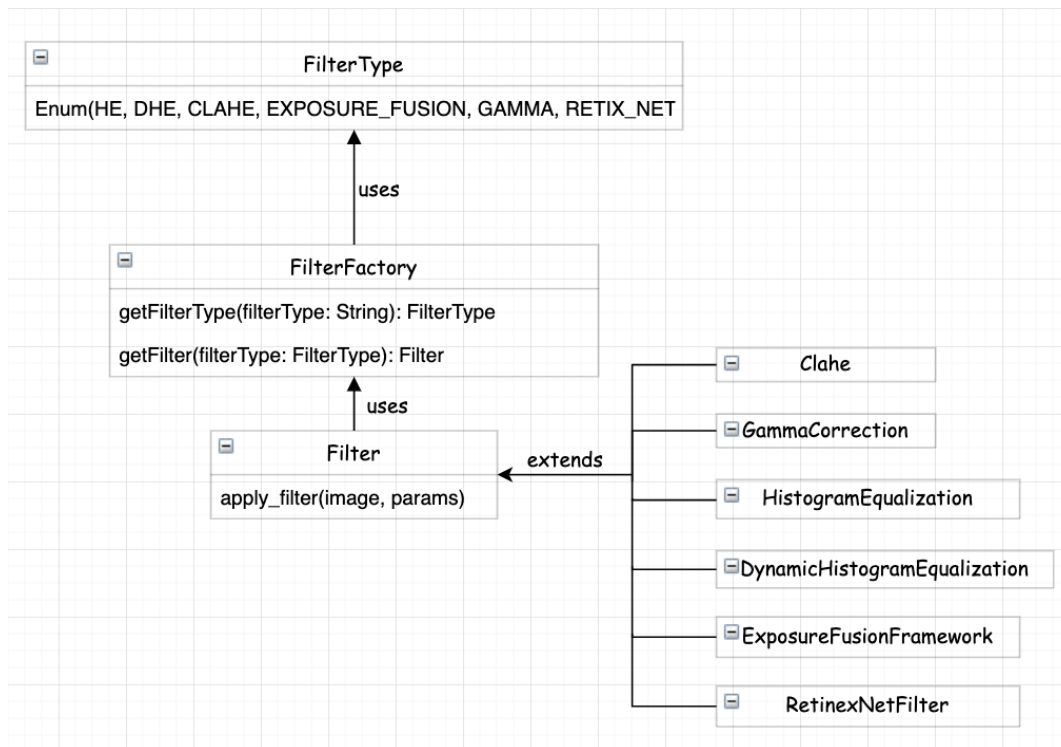


Рисунок 4.6 – Ієрархія класів алгоритмів покращення зображення

На рисунку 4.7 приведено схему обробки та покращення вхідного відео файлу.

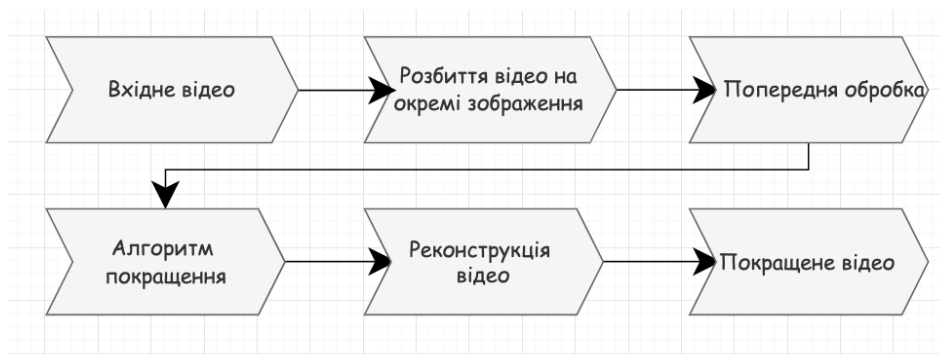


Рисунок 4.7 – Схема обробки та покращення вхідного відео файлу

Останнім етапом покращення зображення або відео є запис результату у базу даних. Для цього було створено окремий конектор, що зчитує параметри конфігурації такі як назва таблиці, її порт та інші, з файла конфігурації.

Для покращення відео у реальному часі на вхід програми подається відеопотік, який необхідно розбити на окремі кадри для подальшої обробки. Тому на першому етапі відбувається дискретизація вхідного відео. Після того, як відео було розбите на зображення окремі кадри передаються далі у алгоритм покращення зображення, результат якого повертається у форматі Json в Iframe веб-додатку.



Рисунок 4.8 – Схема обробки та покращення вхідного відео файлу

## 4.5 Тестування продукту

Для подальшої перевірки відповідності заявлених до продукту вимог і реально реалізованої функціональності було створено сет тестів направлених на перевірку роботи прикладного програмного інтерфейсу.

Для виконання завдання було використано бібліотеку requests мови Python та фреймворк для тестування pytest. Схема тестування зображена на рисунку 4.9.

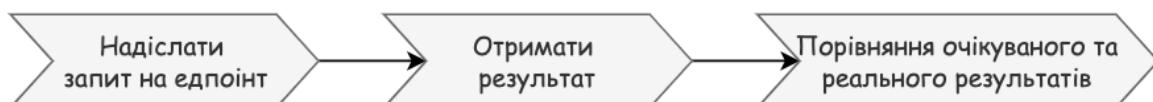


Рисунок 4.9 – Схема автоматичного тестування прикладного програмного інтерфейсу

## **4.6 Висновки до розділу**

У даному розділі було надано схему функціональності системи, а також опис програмної реалізації її компонентів та структуру їх роботи. Крім того, було надано схему автоматичних тестів до прикладного програмного інтерфейсу.

## **5 МЕТОДИКА РОБОТИ КОРИСТУВАЧА З СИСТЕМОЮ**

Програмний комплекс розроблений з використанням веб-технологій і тому працює в браузерях, які підтримують актуальні веб-стандарти.

### **5.1 Інсталяція та системні вимоги**

Побудована система складається з декількох логічно поєднаних між собою модулів та може використовуватися як одне ціле так і окремо.

Для коректної роботи розробленої системи до складу програмно-апаратного забезпечення повинні входити наступні компоненти:

- веб-сервер Apache або Nginx;
- база даних MySQL;
- мова програмування Python 3 та ряд бібліотек: Tensorflow, OpenCV, Numpy, Flask, Anaconda, Ffmpeg;
- Апаратне забезпечення має наступну конфігурацію: процесор з тактовою частотою не нижче 1,6 ГГц, об'єм оперативної пам'яті не менше 8192 МБ та процесор архітектури x86 Intel Core i5.

### **5.2 Інструкція з використання програмного продукту**

При початку роботи з додатком неавторизований користувач побачить головний екран, як зображено на рисунку 5.1:

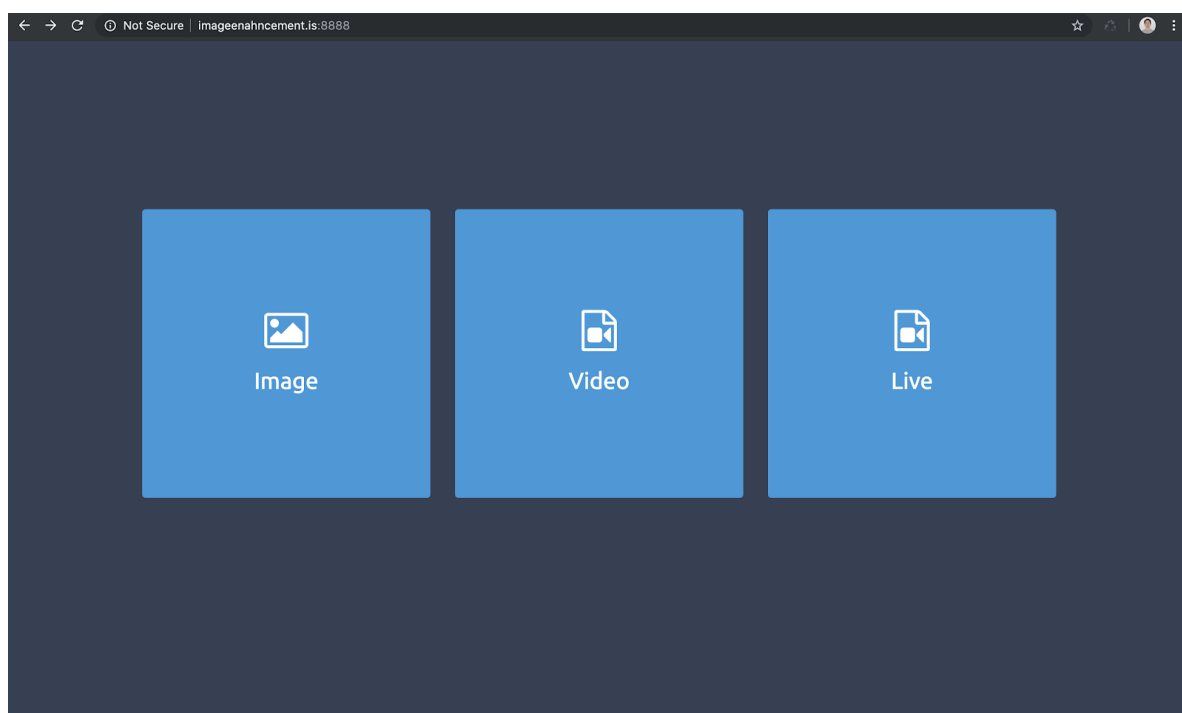


Рисунок 5.1 – Головна сторінка до авторизації

Для того, щоб розпочати роботу з системою користувачу необхідно авторизуватися. Авторизація застосовується для обмеження прав незареєстрованого користувача, а також для забезпечення персоналізованого доступу користувача до історії роботи з додатком. Тому при спробі вибору функціоналу покращення користувач буде перенаправлений на сторінку авторизації, як показано на рисунку 5.2:

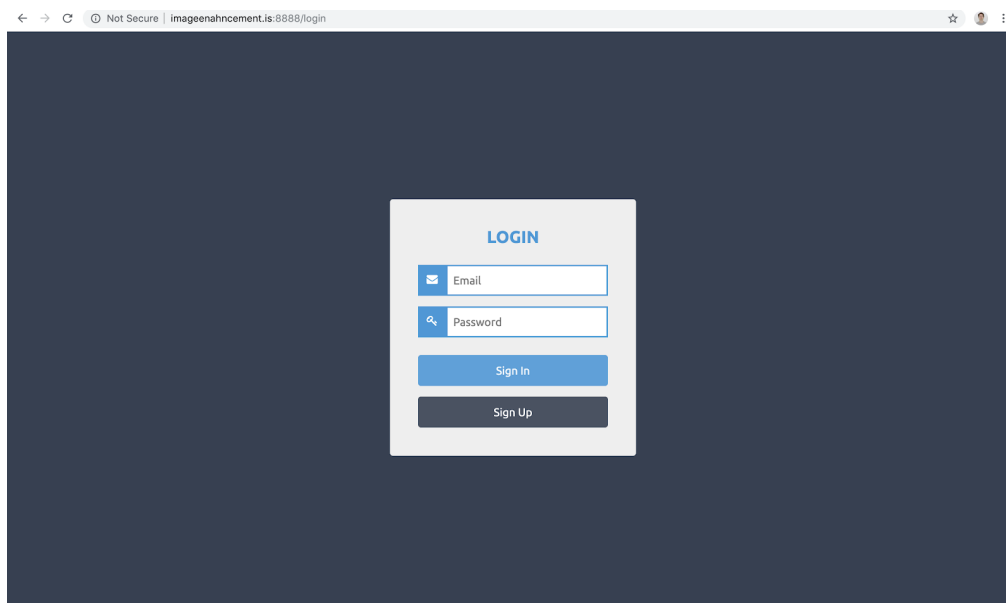


Рисунок 5.2 – Форма авторизації

У випадку якщо користувач ще ніколи не користувався системою або хоче створити новий профіль, то йому необхідно зареєструватися в системі. На рисунку 5.3 зображена форма реєстрації.

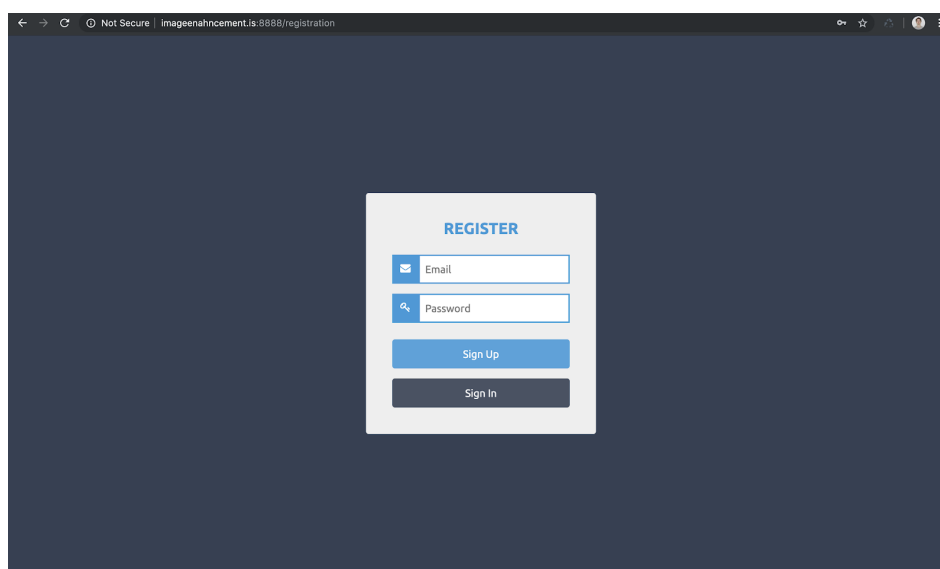


Рисунок 5.3 – Форма реєстрації



Після авторизації користувач потрапляє на головну сторінку додатку, як показано на рисунку 5.4:

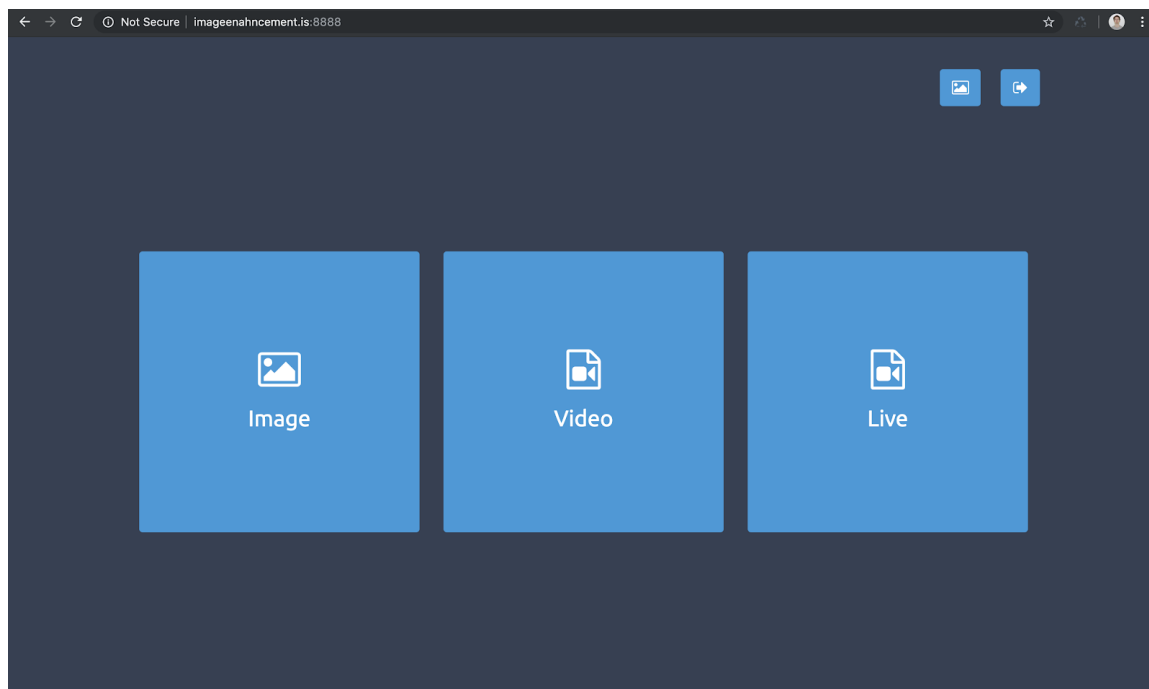


Рисунок 5.4 – Головна сторінка після авторизації

На головній сторінці користувач має змогу вибрати опцію покращення зображення, відео чи відео в реальному часі. Також є можливість переглянути історію своїх файлів у розділі галереї чи вийти із системи.

На рисунку 5.5 зображена сторінка вдосконалення затемненого зображення. Користувач має змогу завантажити обрану фотографію, вибрати певний метод покращення зображень. У разі, якщо йому не подобається результат, користувач має змогу завантажити інше зображення або змінити конфігурацію вибраного алгоритму. Також є можливість повернутися на головну сторінку, одразу перейти до галереї чи вийти з системи.

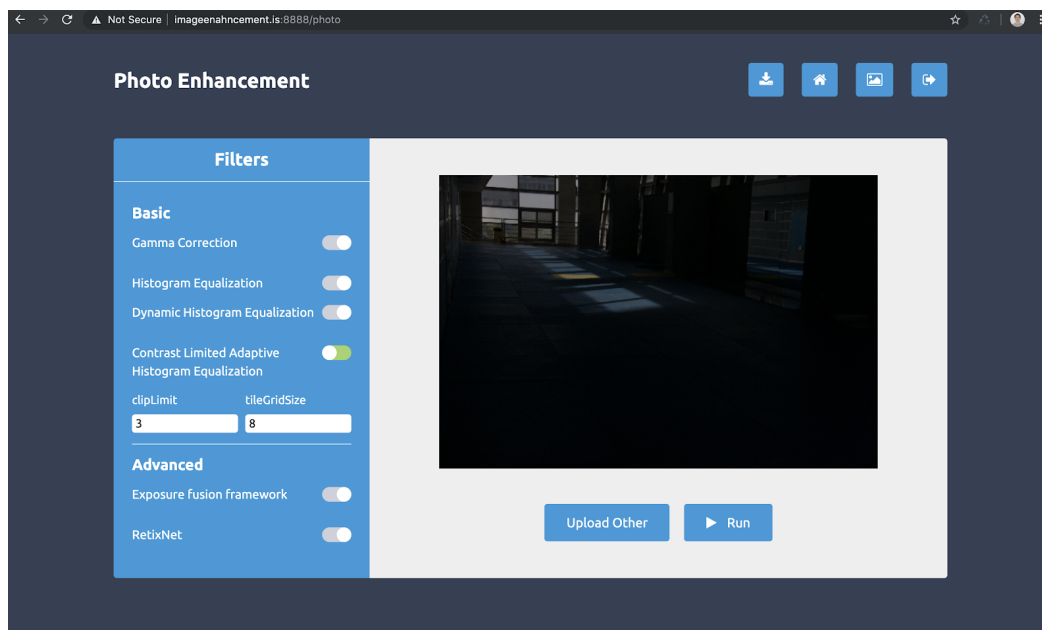


Рисунок 5.5 – Функціонал покращення зображення та конфігурації методів покращення зображення

На рисунках 5.6, 5.7 і 5.8 показано як виглядає цикл обробки зображення.

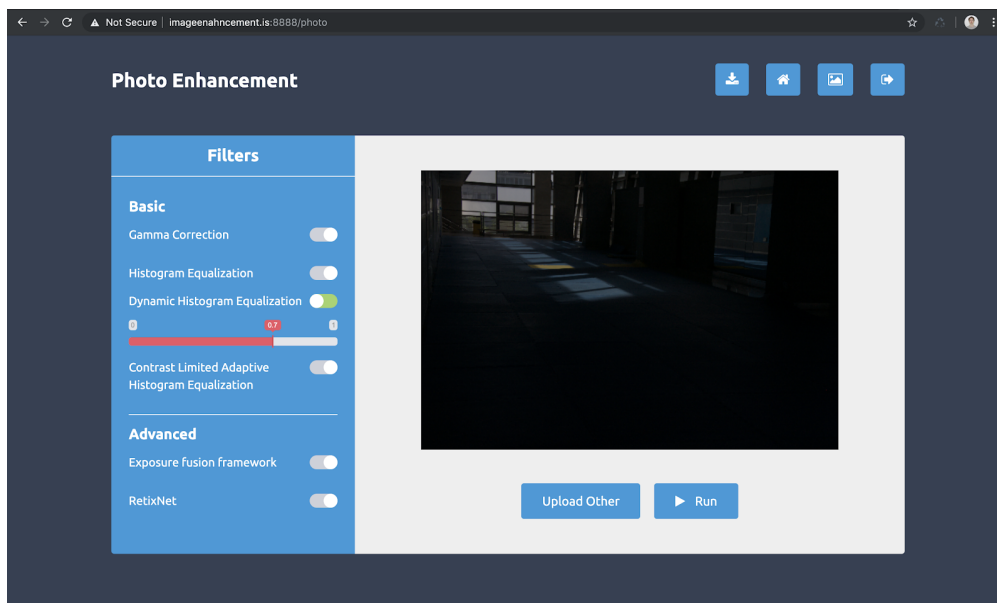


Рисунок 5.6 – Завантажене зображення до запуску програми

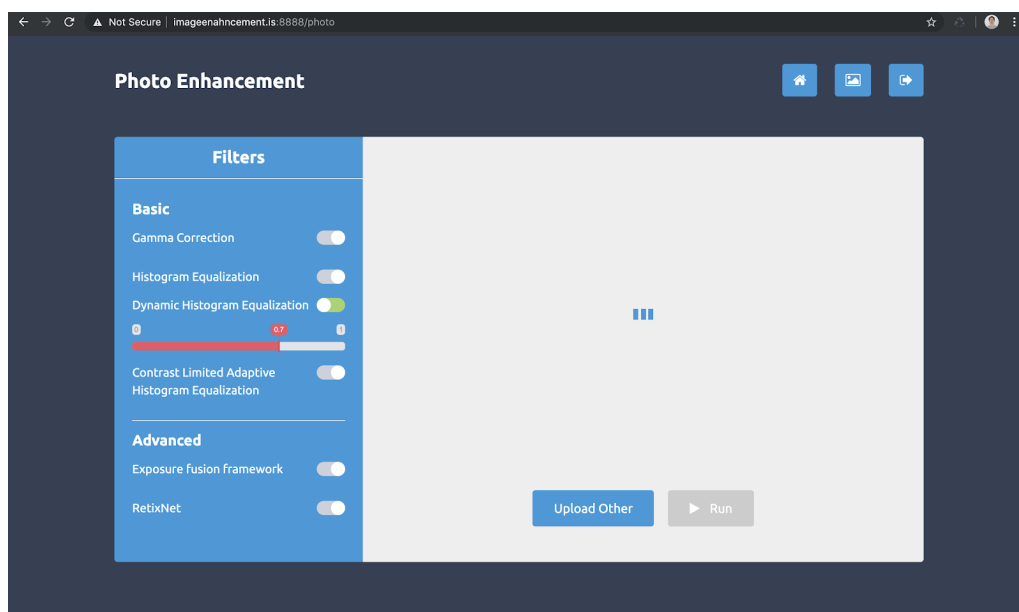


Рисунок 5.7 – Система під час обробки зображення

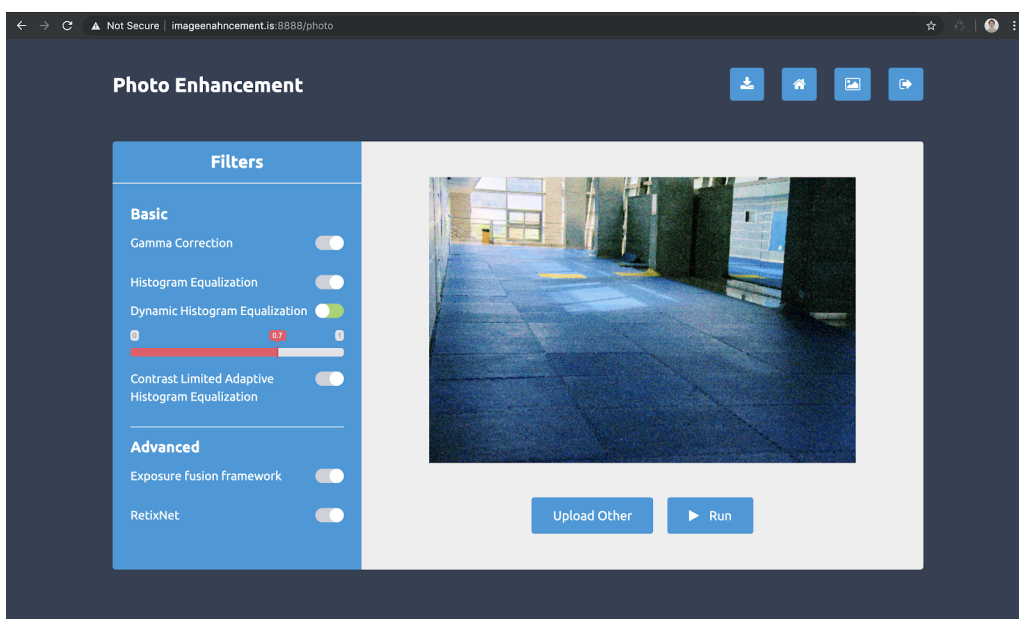


Рисунок 5.8 – Результат обробки зображення системою

Рисунок 5.9 демонструє вигляд сторінки покращення відео.

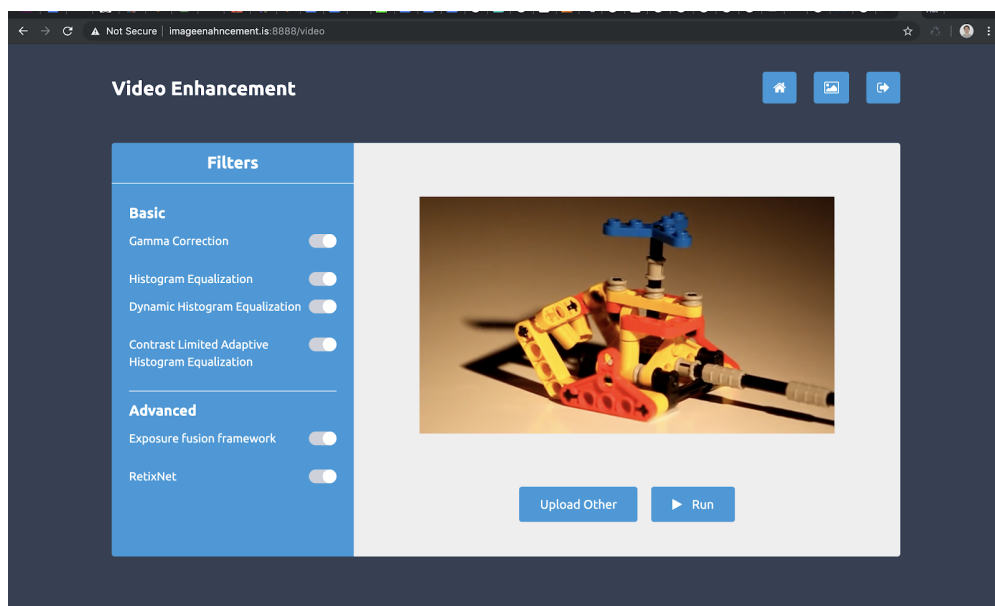


Рисунок 5.9 – Сторінка покращення відео

На рисунку 5.10 продемонстровано роботу покращення відео у реальному часі.

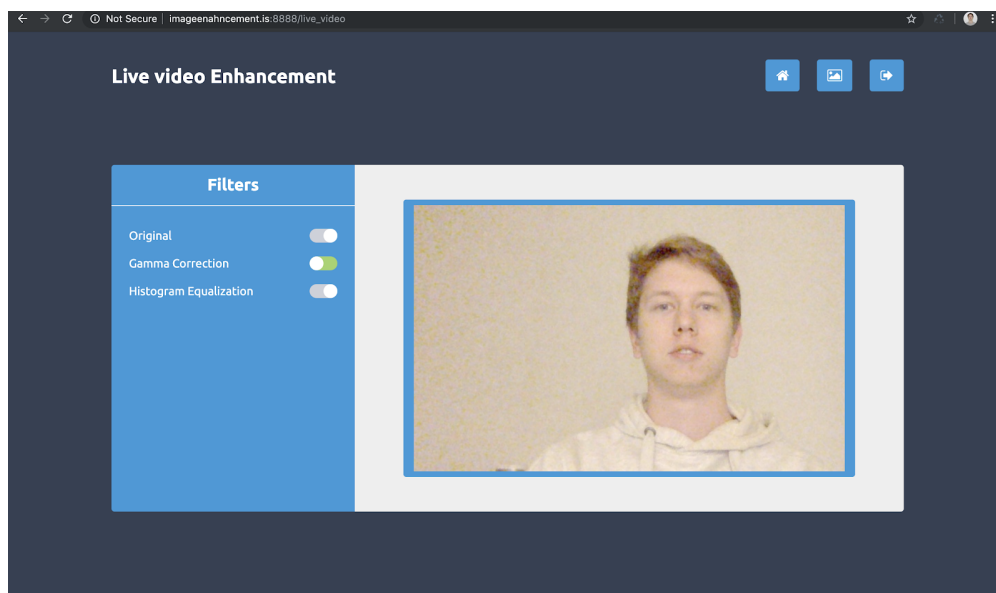


Рисунок 5.10 – Сторінка покращення відео в реальному часі

Галерея надає користувачу персоналізований доступ до системи, можливість порівняння результатів покращених зображень з різними конфігураціями та здатність завантажити чи видалити медіа файл, як показано на рисунку 5.11:

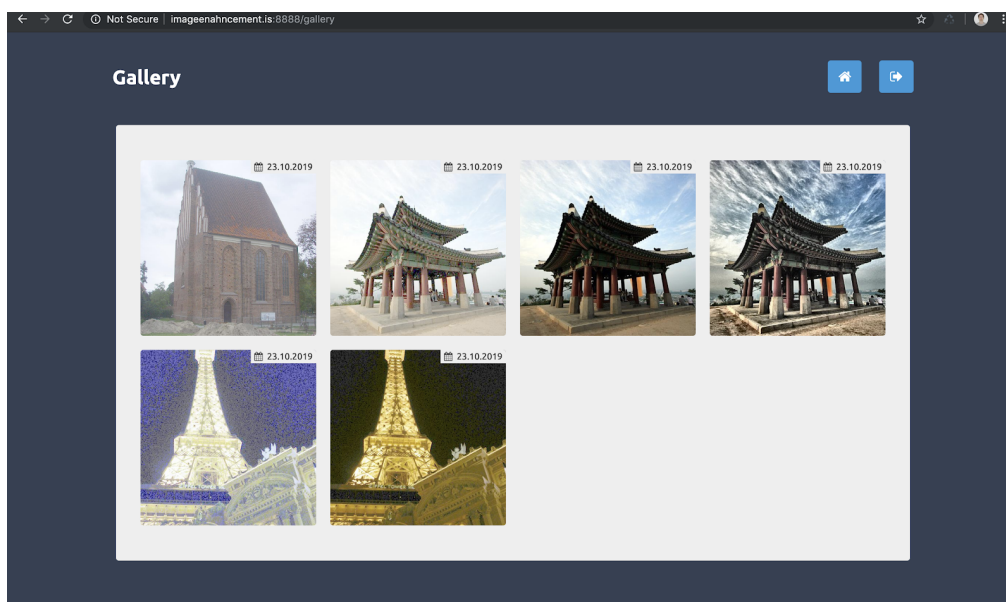


Рисунок 5.11 – Сторінка галереї

### 5.3 Висновки до розділу

У результаті розробки було створено систму, що надає користувачу можливість авторизації та покращення існуючого фото, відео чи відео у реальному часі, створеного при умовах недостатньої освітленості, з можливістю вибора та налаштування 1 з 6 алгоритмів покращення зображення. Крім того, було реалізовано функціонал галереї, що надає користувачу можливість переглянути історію своєї взаємодії з системою та видалити або зкати покращені медіа файли.

## 6 СТАРТАП ПРОЕКТ

Розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження. Проведення маркетингового аналізу передбачає виконання нижченаведених кроків.

### 6.1 Основні ідеї проекту

В межах підпункту слід проаналізувати та подати у вигляді таблиць:

- зміст ідеї (що пропонується);
- можливі напрямки застосування;
- основні вигоди, що може отримати користувач товару;
- чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Перші три пункти подаються у вигляді таблиці (таблиця 6.1) і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки.

Таблиця 6.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Покращення та аналіз затемнених зображень	Системи розпізнавання зображень	Покращення роботи в умовах недостатньої освітленості
	Системи відео-спостереження	Покращення роботи в умовах недостатньої

		освітленості
	Покращення зображень онлайн	Покращення затемнених зображень

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

— визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

— визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

— проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

No п/п		(потенційні) товари/концепції конкурентів		
		Мій проект	Learn to see in the dark	Генеративні нейронні мережі
1	W слабка сторона	Швидкодія	Може давати нестабільні результати залежно від камери	Швидкодія
2		Високі вимоги до серверу	Працює лише з RAW зображеннями	Утворює небажані артефакти

3	N Нейтраль на сторо на	Мультиплатформі	Мультиплатформні	Мультиплатформні
4	S сильна сторона	Наявність графічного інтерфейсу	Повний контроль над обробкою зображення	Працює з персоналізованим набором зображень
5		Можливість покращення відео файлів	Кращий результат порівняно з іншими методами	Можливість перенавчання

## 6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (таблиця 6.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту;
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити;
- чи доступні такі технології авторам проекту.

Таблиця 6.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Веб-інтерфейс користувача	HTML + CSS + JS PHP	Наявна	Доступна безкоштовно
2	Веб-сервер	Apache	Наявна	Доступна безкоштовно



3	Прикладний програмний інтерфейс	Python + Flask	Наявна	Доступна безкоштовно
4	Алгоритми покращення затемнених зображень	Python, C++	Наявна	Доступна безкоштовно
<p>Висновок: проект реалізувати можливо.</p> <p>Обрана технологія реалізації: веб-інтерфейс, веб-сервер, прикладний програмний інтерфейс, алгоритми покращення затемнених зображень</p>				

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту: так чи ні, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити (з поміж названих технологій обираються такі, що доступні авторам проекту та є наявними на ринку).

### 6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 6.4).

Таблиця 6.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
---	--------------------------------------	----------------

1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	20000 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає

Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За умови, що останній є вищим, можливо, має сенс вкласти кошти в інший проект.

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо того, чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Покращення зображень створених в умовах недостатнього освітлення	Промислові підприємства, системи відеоспостереження	Особливості купівлі: компанії заключають довготривалі договори, а стартапери віддають перевагу пробному терміну Використання: компанії вимагають точну роботу програмного продукту, а	Стабільність роботи Невисока ціна Наявність пробного періоду Наявність документації Підтримка

			також широкий набір функцій	необхідних платформ Точність роботи
--	--	--	-----------------------------	----------------------------------------

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці 6.6-6.7).

Таблиця 6.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Підходить для нових проєктів	Для існуючих проєктів виникне потреба переносити базу даних. Продукт більше підходить для нових проєктів	Додавання можливості автоматизованого імпорту з різних типів сховищ
2	Обмеженість функцій	Інструмент обмежений наявними функціями і не має деяких функцій, які мають конкуренти	Додавання нових функцій потреби

Таблиця 6.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Популярність веб застосунків	Веб-індустрія постійно набирає обертів	Вихід на глобальний ринок

2	Потреба у використанні даних	SQL бази даних використовуються у більшості програмних застосунків	Використання ORM для даних
3	Відсутність повноцінних альтернатив	Існуючі альтернативи не надають повний набір можливостей	Розширення набору функцій

Надалі проводиться аналіз пропозицій: визначаються загальні риси конкуренції на ринку. Аналіз пропозиції необхідно виконати аналізуючи існуючі види конкуренції.

Пропозиції повинні відповідати на питання “Як просувати продукт”.

Аналіз пропозицій зображено на таблиці 6.8.

Таблиця 6.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<b>Особливості конкурентного середовища</b>	<b>В чому проявляється дана характеристика</b>	<b>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</b>
1. Вказати тип конкуренції: монополія/олігополія/монополістична/чиста	чиста	Прямі договори з компаніями, презентація продукту на виставках
2. За рівнем конкурентної боротьби: - локальний/національний	національний	Публікація статей на міжнародних сайтах
3. За галузевою ознакою: міжгалузева/внутрішньогалузева	внутрішньогалузева	Розвивати напрямки, нерозвинуті конкурентами

4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	товарно-видова	Розповідати про свої переваги перед конкурентом у цій галузі
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	нецінова	Надання функцій, які не надають конкуренти
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	марочна	Надання функцій, які не надають конкуренти

Таблиця 6.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	- Learn to see in dark	- ML.NET	Мінімізація витрат часу постачальників	Контроль якості	Лояльність споживачів
<b>Висновки:</b>	Визначити інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	Є можливості виходу на ринок, оскільки існуючі рішення не надають потрібних переваг	Постачальники підлаштовуються під ринок	Клієнти диктують вимоги згідно з умовами експлуатації	Обмеження роботи на ринку через товари-замінники

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 3.5 (таблиця 6.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 6.2), вимог споживачів до товару (таблиця 6.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця 6.6-6.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформляється за таблицею 10.

Таблиця 6.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що робить фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Можливість покращення відео	Існуючі конкуренти не мають можливості покращення відео
2	Можливість покращення відео у реальному часі	Існуючі конкуренти не мають можливості покращення відео у реальному часі

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 6.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 6.11).

Таблиця 6.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з даним продуктом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Можливість покращення відео	20	+						
2	Можливість покращення відео у реальному часі	10			+				

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 6.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 6.11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 6.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

<b>Сильні сторони:</b> Можливість покращення відео	<b>Слабкі сторони:</b> Швидкодія Високі вимоги до серверу
<b>Можливості:</b> Популярність веб платформи Відсутність повноцінних альтернатив	<b>Загрози:</b> Сумісність з старими проектами Обмеженість функцій

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 6.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<b>No п/п</b>	<b>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</b>	<b>Ймовірність отримання ресурсів</b>	<b>Строки реалізації</b>
1	Орієнтація поточної моделі на ринок	50 %	40 год

	відеоспостереження		
2	Орієнтація поточної моделі на ринок промислового виробництва	20 %	160 год
3	Орієнтація поточної моделі на ринок роботи з окремим користувачем	10 %	200 год

Альтернатива, де отримання ресурсів є більш простим та ймовірним – №4 "Переорієнтація на генерацію серверної частини", що становить 80 відсотків. Це значення перевищує інші альтернативи.

Альтернатива, де строки реалізації є більш стислими – №1 " Орієнтація поточної моделі на ринок стартаперів". Терміни реалізації в цьому разі становлять лише 40 годин.

## 6.4 Розроблення ринкової стратегії продукту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 6.14).

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку.



Таблиця 6.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

<b>№ п/п</b>	<b>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</b>	<b>Готовність споживачів сприйняти продукт</b>	<b>Орієнтовний рівень конкуренції в межах цільової групи (сегменту)</b>	<b>Інтенсивність конкуренції в сегменті</b>	<b>Простота входу у сегмент</b>
1	Системи відеоспостереження	Готові	Високий	Висока	Просто
2	Промислові виробництва	Потребують недовгих переговорів	Середній	Середня	Складно
3	Спортивні організатори	Потребують переговорів	Низький	Низька	Дуже складно
Які цільові групи обрано: системи відеоспостереження					

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (таблиця 6.15).

Таблиця 6.15. Визначення базової стратегії розвитку

<b>№ п/п</b>	<b>Обрана альтернатива розвитку проекту</b>	<b>Стратегія охоплення ринку</b>	<b>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</b>	<b>Базова стратегія розвитку*</b>
--------------	---------------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------

1	Орієнтація поточної моделі на ринок систем відеоспостереження	Стратегія концентрованого маркетингу	Системи відеоспостереження потребують високої якості відео	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)
2	Орієнтація поточної моделі на ринок промислових виробництв	Стратегія концентрованого маркетингу	Системи промислових виробництв потребують якісних зображень	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 6.16).

Таблиця 6.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	шукати нових споживачів	Так, потрібно збільшити швидкодію програмного	Стратегія заняття конкурентної ніші

			продукту та збільшити набір вбудованих в програмний продукт функцій, потрібно зменшити кількість необхідних ресурсів для розміщення серверу, також треба збільшити підтримку мобільних пристроїв для охоплення нового ринку користувачів	
--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

З обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту розробляється стратегія позиціонування (таблиця 6.17). що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 6.17. Визначення стратегії позиціонування

<b>№ п/п</b>	<b>Вимоги до товару цільової аудиторії</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>	<b>Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап-проекту</b>	<b>Вибір асоціацій, які мають сформувані комплексну позицію власного проекту (три ключових)</b>
1	Стабільність роботи Невисока ціна Наявність документації Підтримка багатьох платформ	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)	Потребують швидкості розробки, яку надає підтримка багатьох платформ даним продуктом	пришвидшення розробки ПЗ підтримка декількох платформ.

## 6.5 Розроблення маркетингової програми проекту

Для цього у таблиці 6.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 6.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<b>№ п/п</b>	<b>Потреба</b>	<b>Вигода, яку пропонує товар</b>	<b>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</b>
1	Пришвидшення розробки ПЗ	Підтримка декількох платформ	Більшість конкуренти підтримують лише одну платформу.
2	Використання	Використовується	Конкурент не використовує ORM

	ORM	ORM для доступу до БД	
--	-----	-----------------------	--

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 6.19).

Таблиця 6.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
<b>I. Товар за задумом</b>	Розпізнавання положення об'єктів на динамічному наборі зображень		
<b>II. Товар у реальному виконанні</b>	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	можливість оптимізації витрат часу	М	Тл
	можливість оптимізації витрат коштів	М	Вр
	відповідність актуальним технологіям	Нм	Тх
	Відповідає вимогам ДСТУ ISO/IEC 25030:2015 Програмна інженерія. Вимоги щодо якості та оцінювання програмного продукту (SQuaRE). Вимоги щодо якості		
	Пакування: готовий до використання інсталятор		
	Марка: Image enhancement system		
<b>III. Товар із</b>	Потенційний користувач може ознайомитись з поточним		

<b>підкріпленням</b>	товаром з наукових конференцій та публічних виступів, а також наукових вісників на яких була представлена інформація про даний продукт
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Назва і контент захищені ліцензією МІТ; захист інтелектуальної власності	

М/Нм – монотонні або немонотонні;

Вр/Тх/Тл/Е/Ор – вартісні, технічні, технологічні, ергономічні або органолептичні (останній – для продуктів харчування)

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (таблиця 6.20).

Таблиця 6.20. Визначення меж встановлення ціни

<b>№ п/п</b>	<b>Рівень цін на товари-замінники</b>	<b>Рівень цін на товари-аналоги</b>	<b>Рівень доходів цілої групи споживачів</b>	<b>Верхня та нижня меж встановлення ціни на товар/послугу</b>
1	27...270 грн	135...270 грн	27000...98000 грн	27...135 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 6.21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 6.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Клієнт повинен надаватися в режимах “тріал” та “повний”.	Легість в встановленні, легкість в сплаті послуг	4: Розробник дано продукту – Веб-сайт – Користувач.	Проводити збут силами посередника.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 6.22).

Таблиця 6.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Купляють програми через авторизовану мережу	Веб-сайти	Підтримка декількох платформ Пришвидшення розробки ПЗ	Довести, що програмний продукт пришвидшить розробку ПЗ	Покращення зображень вже сьогодні

				врази	
--	--	--	--	-------	--

## 6.6 Висновки до розділу

Розроблений програмний продукт має переваги над існуючими конкурентами та є конкурентноздатним на ринку. Програма має шляхи подальшого розвитку, визначені маркетингові стратегії та шляхи збуту. Основна цільова аудиторія – це системи відеоспостереження та промислові виробництва, для яких важлива якість відео та зображення.



## ВИСНОВКИ

У результаті підготовки магістерської дисертації та під час її виконання було розв'язано багато різноманітних задач пов'язаних із покращення та аналізом затемнених зображень.

Було досліджено проаналізовано та досліджено існуючі методи та алгоритми покращення затемнених зображень. Аналіз показав, що існуючі системи вирішують задачу не у повному обсязі, є громіздкими та мають високі апаратні вимоги до пристроїв користувачів.

У результаті роботи було створено програмний продукт, який надає користувачу такі функції:

- авторизація;
- можливість вибрати та налаштувати алгоритм покращення зображення;
- можливість завантажити з комп'ютера медіа файл для покращення або використати свою веб-камеру для покращення зображення у реальному часі;
- перегляд історії своєї взаємодії з системою та можливість видалити або зкачати покращені медіа файли.

Розроблений програмний продукт дозволяє покращити зображення або відео зроблені в умовах недостатньої освітленості.

Проведено огляд методів і засобів розробки програмної системи. Обґрунтовано вибір створення програмної системи, заснованої на веб-технологіях, а також побудованої за сучасною модульною архітектурою. Це дає змогу підвищити гнучкість та зручність системи, як у розробці та супроводі, так і у використанні.

За результатами виконання тестових завдань підтверджена коректність отриманих результатів, отже система відповідає поставленим вимогам.

Користувачами системи можуть бути різноманітні оператори, що працюють на виробництві чи просто хочуть покращити якість персональних зображень. Програмне забезпечення може бути використано на будь-якій операційній системі, на якій встановлено браузер, який підтримує останні веб-стандарти, а також має постійний доступ до інтернету.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Learning to See in the Dark [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://cchen156.web.engr.illinois.edu/paper/18CVPR\\_SID.pdf](http://cchen156.web.engr.illinois.edu/paper/18CVPR_SID.pdf)
2. DSLR-Quality Photos on Mobile Devices with Deep Convolutional Networks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1704.02470.pdf>
3. Deep Bilateral Learning for Real-Time Image Enhancement [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://groups.csail.mit.edu/graphics/hdrnet/data/hdrnet.pdf>
4. Deep Photo Enhancer: Unpaired Learning for Image Enhancement from Photographs with GANs [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cmlab.csie.ntu.edu.tw/project/Deep-Photo-Enhancer/CVPR-2018-DEPE.pdf>
5. Stanford U. CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition [Електронний ресурс] / University Stanford – Режим доступу до ресурсу: <http://cs231n.github.io/>.
6. Deep Retinex Decomposition for Low-Light Enhancement [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1808.04560.pdf>
7. RGB "Bayer" Color and MicroLenses [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.siliconimaging.com/RGB%20Bayer.htm>
8. Gonzalez A. C., Sossa J. H., Felipe E. M. Wavelet transforms and neural networks applied to image retrieval // Proc. of the 18th Intern. conf. on pattern recognition. Hong Kong (China), 20–24 Aug. 2006. P. 909–912.
9. Smith j. B. Chang S. F. Tools and techniques for color image retrieval // Proc. of the Intern. conf. on symp. on electronic imaging: science and technology storage and retrieval

for image and video databases. San Jose (USA), Feb. 1996. IS&T/SPIE, SPIE, 1996. P. 426–437.

10. The rehabilitation of gamma [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://poynton.ca/PDFs/Rehabilitation\\_of\\_gamma.pdf](http://poynton.ca/PDFs/Rehabilitation_of_gamma.pdf)

11. David A. Forsyth; Jean Ponce (2003). Computer Vision, A Modern Approach. Prentice Hall. ISBN 978-0-13-085198-7.

12. Learn REST: A RESTful Tutorial [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.restapitutorial.com/>

13. Nielsen M. Neural Networks And Deep Learning. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>.

14. Simon O. Haykin Neural networks: a comprehensive foundation, 2d ed, Person Education, 1999, 842 p.

15. Hohpe, Gregor and Woolf, Bobby. Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions. s.l. : Addison-Wesley, 2003.

16. Pattern: Saga // Microservice Architecture. - 2017. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://microservices.io/patterns/data/saga.html> - 10.04.2018.

17. Web Service Modeling Ontology (WSMO) // W3C Member Submission. - 2005. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.w3.org/Submission/WSMO> 20.01.2016.

18. Flask [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.palletsprojects.com/p/flask/>

19. A Dynamic Histogram Equalization for Image Contrast Enhancement [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.researchgate.net/publication/3183129\\_A\\_Dynamic\\_Histogram\\_Equalization\\_for\\_Image\\_Contrast\\_Enhancement](https://www.researchgate.net/publication/3183129_A_Dynamic_Histogram_Equalization_for_Image_Contrast_Enhancement)

20. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf>

21. A New Image Contrast Enhancement Algorithm Using Exposure Fusion Framework [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.researchgate.net/publication/318730125\\_A\\_New\\_Image\\_Contrast\\_Enhancement\\_Algorithm\\_Using\\_Exposure\\_Fusion\\_Framework](https://www.researchgate.net/publication/318730125_A_New_Image_Contrast_Enhancement_Algorithm_Using_Exposure_Fusion_Framework)

## ДОДАТОК 1

Система покращення та аналізу затемнених зображень

Апробація

УКР.НТУУ”КПІ”\_ТЕФ\_АПЕПС\_ ТР4153\_19М

Аркушів 1

2019

**УДК 621.46.056:639.135**

Магістрант 6 курсу, гр. ТМ-81мп Пармон І. О.  
Ст.викл., к.т.н. Шалденко О.В.

### **СИСТЕМА ПОКРАЩЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЗАТЕМНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

У наш час більша частина існуючої інформації зберігається у вигляді фото чи відео зображення. Використання інструментів комп'ютерного зору та штучного інтелекту для аналізу медіа файлів дає неймовірну можливість розвитку технологій віртуальної реальності, розпізнавання образів чи відеоспостереження. Так як якість результатів аналізу здебільшого залежить від якості вхідного зображення, дослідникам часто доводиться застосовувати до нього ряд перетворень, що направлені на покращення його якості. Одним із таких методів перетворення є покращення затемнених зображень.

Покращення зображення створеного в умовах обмеженої освітленості зумовлює собою його обробку та направлені на освітлення спеціальні перетворення зі збереженням корисної інформації. Відсутність сталого формату датчика камери робить неможливим надійне використання алгоритмів, що працюють з RAW-зображеннями, тому більшість існуючих методів працює з цифровими зображеннями. Покращення та аналіз затемнених зображень є необхідним для систем комп'ютерного зору, що тісно пов'язані з дослідженнями технологій сприйняття та обробки комп'ютером медіа ресурсів, таких як відео та зображення [1]. Використання зображень створених в умовах недостатньої освітленості може негативно вплинути на процес отримання корисної інформації про вміст зображення, а як наслідок може призвести до помилок системи комп'ютерного зору, тому є актуальною задача створення системи покращення та аналізу затемнених зображень.

Для вирішення задач покращення затемнених зображень можна ефективно використовувати методи глибинного навчання. Для перетворення зображення використовуються нейронні мережі, натреновані на великій кількості зображень, що складаються з пар: зображення, утворене в умовах недостатньої освітленості та його еталонний аналог, створений з більшим часом експозиції [2].

Метою роботи є створення системи покращення та аналізу затемнених зображень, яку можна буде ефективно використовувати в різних галузях з мінімальними змінами в конфігурації.

Перелік посилань:

1. David A. Forsyth; Jean Ponce (2003). Computer Vision, A Modern Approach. Prentice Hall. ISBN 978-0-13-085198-7.
2. Deep Retinex Decomposition for Low-Light Enhancement [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1808.04560.pdf>